

TESE

Formas de Fe, Al e Mn como índices de pedogênese e
adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de
Janeiro.

Marcos Gervasio Pereira

Maio, 1996

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Instituto de Agronomia

Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Formas de Fe, Al e Mn como índices de pedogênese e adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro.

Marcos Gervasio Pereira

Sob a Orientação da Professora

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de *Philosophiae Doctor* em Agronomia, Área de Concentração Ciência do Solo.

Seropédica, Rio de Janeiro.

Formas de Fe, Al e Mn como índices de pedogênese
e adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro

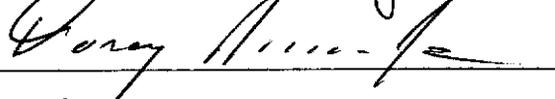
Marcos Gervasio Pereira

Aprovada em: 21 de maio de 1996

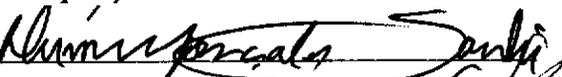
Prof. Lúcia Helena Cunha dos Anjos



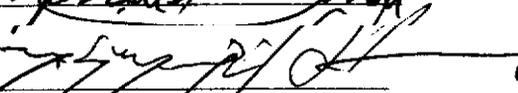
Prof. Doracy Pessoa Ramos



Dr. Humberto Gonçalves dos Santos



Prof. Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho



Prof. Eduardo Lima



*“Saudade é
solidão
é nostalgia,
recordar,
viver”*

(Mário Palmério)

Ao querido amigo Marcelo, o qual a fatalidade me separou

Dedico.

Saudades.

Agradecimentos.

A orientadora e amiga professora *Lúcia Helena Cunha dos Anjos*, pela orientação e pela confiança que sempre me depositou.

Ao professor *Nilton Curi*, pelas sugestões iniciais, pela composição da banca do exame de qualificação e pelo auxílio nas análises mineralógicas.

Aos professores e pesquisadores dos quais as informações me valiu para a execução deste trabalho.

A minha equipe, *Márcio, Diego, Robson, Cássio e Gustavo*, por sua dedicação nos trabalhos de laboratório.

Aos funcionários do *Departamento de Solos*, em especial *Anselmo e Maria Helena*, pelo auxílio nas análises físicas e pela amizade.

A EMBRAPA/CNPS, pela realização das análises mineralógicas.

Aos pesquisadores do CNPS, *Wilson Santana de Araújo e Mariza Duarte*, por sua colaboração nas análises químicas e mineralógicas.

Ao corpo técnico da *Estação Experimental Campus Leonel Miranda - UFRRJ*, pelas análises químicas.

Ao *Marx, Carlos, João, Paulo Emílio, prof. José Maria, Carlinhos e Dulce*, pelo auxílio nas análises dos óxidos de ferro e pela agradável acolhida na *UFLA*.

Ao professor *Doracy Pessoa Ramos* e ao pesquisador *José Marinho Guerra*, pelas sugestões e por comporem a banca do exame de qualificação.

Ao Dr. *Humberto G. dos Santos* e ao professor *Nelson Moura do A. Sobrinho*, pela composição da banca.

Aos *professores do Departamento de Solos e colegas de curso* pelas contribuições recebidas.

Aos professores *Renato Álvaro* e *Sheila* companheiros de ‘caminhada’, pelo carinho de sempre.

Ao *Dr. Véram Miguel*, pelos ensinamentos que me fazem compreender melhor as pessoas, o mundo e a vida.

Ao professor *Eduardo Lima*, meu primeiro professor de solos, e responsável pelo início do meu fascínio pela Ciência do Solo.

Ao *José Mário* pela conferência das referências.

Aos *amigos*, que compatilharam e compartilham da minha jornada.

À *CAPES*.

Biografia

Marcos Gervasio Pereira nasceu à 24 de janeiro de 1965, na cidade do Rio de Janeiro. Gradou-se em Engenharia Agrônômica/Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 1988. Foi monitor da disciplina Fundamentos da Ciência do Solo e bolsista de iniciação científica (CNPq), junto ao Departamento de Solos durante o período 1987/1988. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRRJ no ano de 1989, obtendo o grau de *Magister Scientiae* em abril de 1992, iniciando o curso de Doutorado em Ciência do Solo neste mesmo ano. A partir de maio de 1994 passou a integrar o quadro de professores do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Índice de texto

| | <i>Pag</i> |
|--|------------|
| <i>Capítulo I - Fe, Al e Mn extraíveis como índices de pedogênese</i> | |
| <i>1 - Introdução</i> | <i>01</i> |
| <i>2 - Fatores de formação e classes de solos da região estudada</i> | <i>03</i> |
| <i>2.1. - Geologia e geomorfologia</i> | <i>03</i> |
| <i>2.2. - Material de origem e relevo dos perfis estudados</i> | <i>08</i> |
| <i>2.3. - Clima</i> | <i>13</i> |
| <i>2.4. - Vegetação</i> | <i>14</i> |
| <i>2.5 - Solos</i> | <i>15</i> |
| <i>3 - Ferro, alumínio e manganês no sistema solo</i> | <i>18</i> |
| <i>3.1. - Óxidos pedogênicos</i> | <i>18</i> |
| <i>3.2. - Ferro no sistema solo</i> | <i>18</i> |
| <i>3.3. - Principais óxidos de ferro no sistema solo</i> | <i>20</i> |
| <i>3.3.1. - Formação dos óxidos de ferro no solo</i> | <i>23</i> |
| <i>3.3.2 - Efeitos de organismos na redução e oxidação do ferro</i> | <i>24</i> |
| <i>3.4 - Alumínio no sistema solo</i> | <i>25</i> |
| <i>3.5 - Manganês no sistema solo</i> | <i>27</i> |
| <i>3.6 - Métodos para a extração seletiva dos óxidos de ferro, alumínio e manganês</i> | <i>29</i> |

| | |
|--|-----|
| 3.7 - Teores de Ferro (<i>Fet</i> , <i>Fed</i> e <i>Feo</i>) e os valores das relações <i>Fed/Fet</i> e <i>Feo/Fed</i> , como índices de intemperismo em solos | 30 |
| 4.0 - Material e Métodos | 34 |
| 4.1 - Material | 34 |
| 4.2 - Métodos | 37 |
| 4.2.1 - Descrição de perfis, coleta de amostras e análises químicas e físicas | 37 |
| 4.2.2 - Superfície específica | 38 |
| 4.2.3 - Ferro, alumínio e manganês extraídos com oxalato ácido de amônio (<i>Feo</i> , <i>Alo</i> e <i>Mno</i>) | 38 |
| 4.2.4 - Ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito - citrato - bicarbonato de sódio (<i>Fed</i> , <i>Ald</i> e <i>Mnd</i>) | 39 |
| 4.2.5 - % Fe_2O_3 ou ferro total (<i>Fet</i>) | 39 |
| 4.2.6 - % Al_2O_3 ou alumínio total (<i>Alt</i>) | 39 |
| 4.2.7. - Análise mineralógica da fração argila | 39 |
| 5.0 - Resultados e Discussão | 42 |
| 5.1 - Caracterização dos solos | 44 |
| 5.1.1 - Solos do Grupo I | 44 |
| 5.1.2 - Solos do Grupo II | 57 |
| 5.1.3 - Solos do Grupo III | 72 |
| 5.1.4 - Solos do Grupo IV | 87 |
| 5.2 - Comparação entre índices pedogenéticos e intemperismo | 104 |
| 5.3 - Fe, Al e Mn extraíveis como índices pedogenéticos | 109 |

| | |
|--|------------|
| <i>6.0 - Conclusões</i> | <i>115</i> |
| <i>7.0 - Referências Bibliográficas</i> | <i>117</i> |
| | |
| <i>Capítulo II - Óxidos pedogênicos e adsorção de fósforo</i> | |
| <i>1.0 - Introdução</i> | <i>126</i> |
| <i>2.0 - Fósforo no sistema solo</i> | <i>128</i> |
| <i>2.1 - Adsorção dos íons fosfato</i> | <i>130</i> |
| <i>2.2 - Isotermas de adsorção</i> | <i>134</i> |
| <i>3.0 - Material e Métodos</i> | <i>137</i> |
| <i>3.1 - Material</i> | <i>137</i> |
| <i>3.2 - Métodos</i> | <i>138</i> |
| <i>4.0 - Resultados e Discussão</i> | <i>139</i> |
| <i>4.1 - Adsorção de fósforo e correlações com propriedades do solo</i> | <i>141</i> |
| <i>4.2 - Adsorção de fósforo e formas extraíveis de ferro e alumínio</i> | <i>147</i> |
| <i>5.0 - Conclusões</i> | <i>152</i> |
| <i>6.0 - Referências Bibliográficas</i> | <i>153</i> |
| <i>7.0 – Apêndices</i> | <i>161</i> |

Índice de Figuras

| | <i>Pag</i> |
|---|------------|
| <i>Figura 1 - Coordenadas geográficas do Estado do Rio de Janeiro</i> | 03 |
| <i>Figura 2 - Mapa esquemático da geologia do Estado do Rio de Janeiro</i> | 06 |
| <i>Figura 3 - Diagrama de estabilidade das principais formas de óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de ferro</i> | 22 |
| <i>Figura 4 - Diagrama de estabilidade das principais formas de óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de alumínio</i> | 27 |
| <i>Figura 5 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bw2, perfil P1</i> | 49 |
| <i>Figura 6 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte 2Bt2, perfil P2</i> | 50 |
| <i>Figura 7 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P3</i> | 51 |
| <i>Figura 8 - Difratoograma de raio - x da fração argila tratada com NaOH nos perfis P1, P2 e P3</i> | 52 |
| <i>Figura 9 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P4</i> | 61 |
| <i>Figura 10 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bw, perfil P5</i> | 62 |
| <i>Figura 11 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bw2, perfil P6</i> | 63 |
| <i>Figura 12 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P7</i> | 64 |
| <i>Figura 13 - Difratoograma de raio - x da fração argila tratada com NaOH nos perfis P4, P5, P6 e P7</i> | 65 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 14 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bi2, perfil P8</i> | 76 |
| <i>Figura 15 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bi2, perfil P9</i> | 77 |
| <i>Figura 16 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Cg2, perfil P10</i> | 78 |
| <i>Figura 17 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Cg2, perfil P11</i> | 79 |
| <i>Figura 18 - Difratoograma de raio - x da fração argila tratada com NaOH nos perfis P8, P9, P10 e P11</i> | 65 |
| <i>Figura 19 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P12</i> | 92 |
| <i>Figura 20 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P13</i> | 93 |
| <i>Figura 21 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P14</i> | 94 |
| <i>Figura 22 - Difratoograma de raio - x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P15</i> | 95 |
| <i>Figura 23 - Difratoograma de raio - x da fração argila tratada com NaOH nos perfis P12, P13, P14 e P15</i> | 96 |

Índice de tabelas

Capítulo I

| | |
|--|----|
| <i>Tabela 1 - Classificação dos solos e caracterização da paisagem, material de originário e horizontes diagnósticos</i> | 43 |
| <i>Tabela 2 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo I</i> | 45 |
| <i>Tabela 3 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo I</i> | 47 |
| <i>Tabela 4 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo II</i> | 58 |
| <i>Tabela 5 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo II</i> | 60 |
| <i>Tabela 6 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo III</i> | 73 |
| <i>Tabela 7 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo III</i> | 74 |
| <i>Tabela 8 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo IV</i> | 89 |
| <i>Tabela 9 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo IV</i> | 90 |

Capítulo II

| | |
|--|-----|
| <i>Tabela 1 - Capacidade máxima de adsorção ($P_{máx}$) e algumas propriedades físicas e químicas</i> | 140 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Tabela 2 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e algumas propriedades do horizonte superficial</i> | 141 |
| <i>Tabela 3 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e algumas propriedades do horizonte subsuperficial</i> | 145 |
| <i>Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e formas de Fe e Al no horizonte superficial</i> | 147 |
| <i>Tabela 5 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e formas de Fe e Al no horizontesubsuperficial</i> | 149 |

Índice de gráficos

| | Pag |
|---|-----|
| <i>Gráfico 1 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P1</i> | 54 |
| <i>Gráfico 2 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P1</i> | 54 |
| <i>Gráfico 3 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P2</i> | 55 |
| <i>Gráfico 4 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P2</i> | 55 |
| <i>Gráfico 5 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P3</i> | 56 |
| <i>Gráfico 6 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P3</i> | 56 |

| | |
|--|----|
| <i>Gráfico 7 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P4</i> | 68 |
| <i>Gráfico 8 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P4</i> | 68 |
| <i>Gráfico 9 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P5</i> | 69 |
| <i>Gráfico 10 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P5</i> | 69 |
| <i>Gráfico 11 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P6</i> | 70 |
| <i>Gráfico 12 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P6</i> | 70 |
| <i>Gráfico 13 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P7</i> | 71 |
| <i>Gráfico 14 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P7</i> | 71 |
| <i>Gráfico 15 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P8</i> | 82 |
| <i>Gráfico 16 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P8</i> | 82 |
| <i>Gráfico 17 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P9</i> | 83 |

| | |
|---|-----|
| <i>Gráfico 18 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P9</i> | 83 |
| <i>Gráfico 19 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P10</i> | 85 |
| <i>Gráfico 20 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P10</i> | 85 |
| <i>Gráfico 21 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P11</i> | 86 |
| <i>Gráfico 22 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P11</i> | 86 |
| <i>Gráfico 23 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P12</i> | 98 |
| <i>Gráfico 24 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P12</i> | 98 |
| <i>Gráfico 25 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P13</i> | 99 |
| <i>Gráfico 26 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P13</i> | 99 |
| <i>Gráfico 27 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P14</i> | 101 |
| <i>Gráfico 28 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P14</i> | 101 |

| | |
|---|------------|
| <i>Gráfico 29 - Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P15</i> | <i>102</i> |
| <i>Gráfico 30 - Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e %Argila em profundidade no perfil P15</i> | <i>102</i> |
| <i>Gráfico 31 - Variação da relação silte/argila nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>105</i> |
| <i>Gráfico 32 - Variação da relação k_i nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>105</i> |
| <i>Gráfico 33 - Variação da CTCArg nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>106</i> |
| <i>Gráfico 34 - Variação da relação Fed/Arg nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>106</i> |
| <i>Gráfico 35 - Variação da relação Fed/Fet nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>107</i> |
| <i>Gráfico 36 - Variação da relação Feo/Fed nos horizontes diagnósticos subsuperficiais</i> | <i>107</i> |

Resumo

No Estado do Rio de Janeiro podem ser destacadas três feições geomorfológicas, as formações constituídas por rochas do Complexo Cristalino, expostas ou capeadas por seus produtos de alteração; os tabuleiros costeiros, compostos pelos sedimentos da Formação Barreiras; e, por último, as planícies aluvionares, formações quaternárias. Embora existam vários estudos sobre a gênese dos solos em cada ambiente citado, pouca ênfase tem sido dada a caracterização dos óxidos pedogênicos e das relações entre as formas extraíveis de ferro, alumínio e manganês. Neste estudo, os teores de Fe, Al e Mn e relações entre eles foram correlacionados ao grau de pedogênese dos solos e intensidade de adsorção de fósforo nos horizontes superficiais e subsuperficiais.

Para os grupos de solos estudados, diferenciados em função do material originário e condições de drenagem, os resultados obtidos para as formas extraíveis dos elementos que constituem os principais óxidos pedogênicos expressam o grau de intemperismo dos solos e do material formador ou o ambiente redutor, mais que a intensidade de pedogênese. Quanto à adsorção de fósforo, à exceção dos solos originados de material da

Formação Barreiras, correlações significativas foram obtidas para P_{max} e, principalmente no horizonte superficial dos solos, os óxidos pedogênicos podem ser usados como índices de adsorção de P e para recomendação de manejo da adubação fosfatada.

Summary

Rio de Janeiro State, Brazil, may be characterized by three geomorphological formations, the landform constituted by Cristaline rocks, exposed or covered by their alteration by-products; costal tablelands, formed from Barreiras Formation Tertiary sediments; and, the last, alluvional floodplain sediments, Quaternary age. Although many studies have been made about soil genesis in these environments, little emphasis was given to pedogenic oxide characterization and relationship with different iron, aluminum and manganese forms in soil. For this study, the content of Fe, Al and Mn, and ratios between the extractable forms were correlated with pedogenesis and phosphate sorption intensity of surface and subsurface horizons.

The profiles were grouped according with parent materila and drainage conditions. The results obtained indicate that, for these soils, the weathering degree and existence of reductomorphic environment, more than pedogenetical development, are the key factors determining forms and ratios of Fe, Al and Mn on soils. As regards phosphate sorption, with the exception of Barreiras Formation sediments, significant correlations were obtained for P max and soil characteristics, the best for surface horizons. This results indicates pedogenic oxides might be used as P sorption index and phosphate fertilization guide.

Capítulo I - Fe, Al e Mn extraíveis como índices de pedogênese

1 - Introdução

Os óxidos de Fe, Al e Mn no solo constituem-se, em sua maioria, de produtos de neoformação, provenientes da alteração de sedimentos e solos. Estes óxidos formam-se sob a influência de diversos fatores ambientais (temperatura, umidade, pH e E_h , entre outros) e, devido a isto, refletem as condições de pedogênese sob as quais eles teriam sido cristalizados.

Uma vez formados, a sua composição e distribuição podem estar sujeitas à contínuas modificações em direção ao equilíbrio, em função das mudanças do meio ambiente. A distribuição destes óxidos e hidróxidos no perfil de solo ajuda, portanto, na identificação do tipo, na direção e na extensão do processo pedogenético em atuação e pode também ser usada para distinguir grandes grupos de solos.

A identificação dos óxidos de Fe, Al e Mn pode ser inferida através da quantificação em amostras de terra ou na fração argila, por diversos métodos, das diferentes formas extraíveis daqueles elementos no solo. Dentre tais métodos destacam-se a extração com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), que dissolve todos os óxidos cristalinos, além daqueles menos cristalinos; com o oxalato ácido de amônio, que dissolve as formas de óxidos menos cristalinas e, por último, a digestão com ácidos fortes (H_2SO_4 , HF, HCl), através da qual obtêm-se os teores totais dos elementos.

Através das relações entre os teores dos elementos extraídos com oxalato ácido de amônio/ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, pode se avaliar

o grau de cristalinidade dos óxidos. Já, utilizando-se a relação entre os extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio/ácido forte, pode-se avaliar a reserva dos elementos químicos em outros grupos de minerais que através da ação do intemperismo podem ser liberados da estrutura e, eventualmente, transformarem-se em óxidos. Embora ainda não largamente difundidas como outros parâmetros (índices k_i e k_r e relação silte/argila), tais relações podem ser utilizadas como índices de evolução pedogenética.

No Estado do Rio de Janeiro três feições geomorfológicas podem ser destacadas: as maiores elevações constituídas pelas rochas antigas do Complexo Cristalino, expostas ou capeadas por seus produtos de alteração; os tabuleiros, material de natureza sedimentar, tendo como principal representante a Formação Barreiras; e por último as planícies da baixada, formações quaternárias resultantes da deposição de sedimentos transportados pelo mar ou pelos alúvios e com diferentes graus de estratificação.

Embora vários autores tenham estudado a gênese de solos formados a partir dos materiais de origem que constituem o Complexo Cristalino, as formações terciárias (Formação Barreiras) e sedimentos quaternários alúvio-colúviais, pouca ênfase tem sido dada à caracterização dos óxidos pedogênicos e das relações entre as formas extraíveis de ferro, alumínio e manganês, em perfis de solos originados a partir destes materiais no Estado do Rio de Janeiro.

Este trabalho teve como objetivos identificar as formas extraíveis de Fe, Al e Mn existentes em solos do Estado do Rio de Janeiro; testar as relações obtidas entre eles como eventuais índices de evolução pedogenética.

2 - Fatores de formação e classes de solos da região estudada

2.1 - Geologia e geomorfologia

O Estado do Rio de Janeiro localiza-se na região leste meridional do Brasil, entre os meridianos de 41° a 45° a oeste de Greenwich e os paralelos de 21° a 23°30' de latitude sul, sendo o seu maior eixo na direção geral de sudoeste para nordeste (Figura 1) (Brasil, 1958).

No Estado três feições geomorfológicas podem ser destacadas: os morros cristalinos, constituídos pelos patamares que formam a transição com a serra do Mar, os tabuleiros e por fim as planícies (Brasil, 1958). Estas aparências correspondem a dois aspectos geológicos extremos: a serra, formada pelas rochas antigas do Complexo Cristalino e a baixada, possuindo formações recentes terciárias ou quaternárias (Figura 2).

O Estado do Rio de Janeiro, tanto na região serrana, quanto na zona do planalto, é constituído por rochas Pré-Cambrianas expostas ou capeadas por seus produtos de decomposição, sendo expressiva a contribuição de vários tipos de gnaisses em diferentes graus de granitização. As diferenciações mais comuns mostram a predominância de gnaisses-graníticos, gnaisses biotíticos, gnaisses charnoquíticos, gnaiss e hornblenda e granada gnaiss, onde o quartzo, feldspatos alcalinos, plagioclásios, biotita, granada e hiperstênio são os principais minerais constituintes, sendo também verificadas a ocorrência de sillimanita, cordierita, magnetita e ilmenita (Brasil, 1958; Santos, 1986; Duarte, 1992).

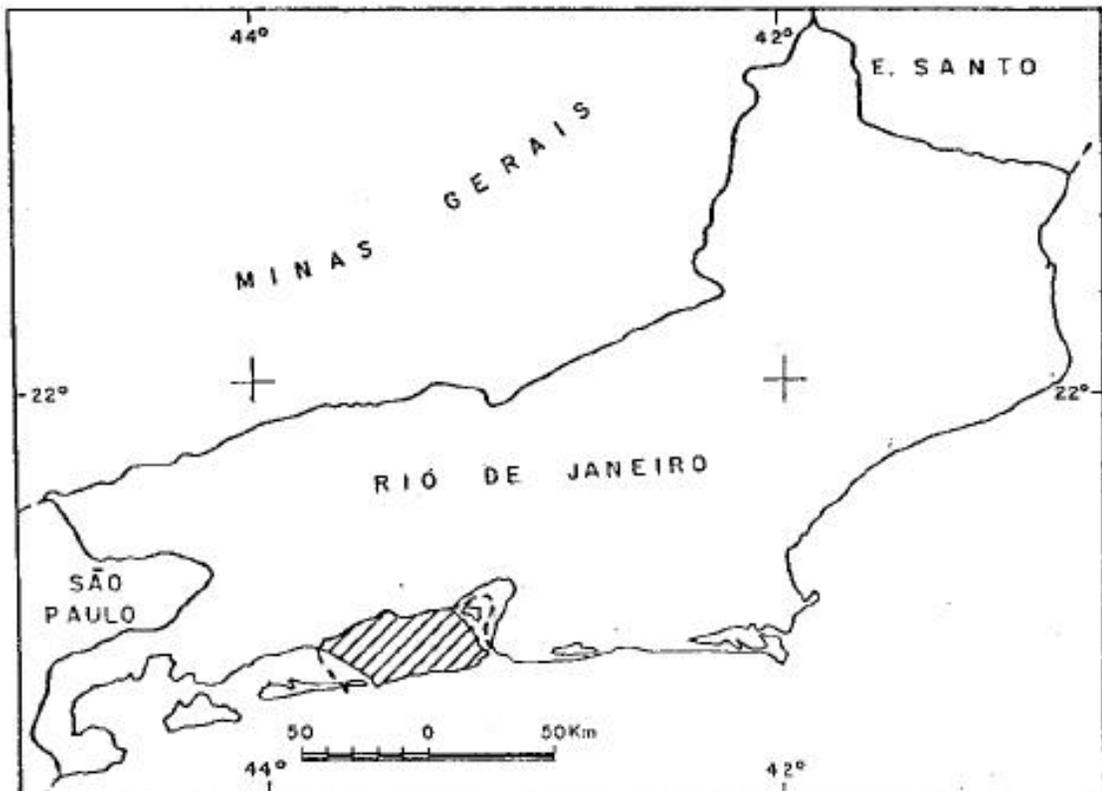


Figura 1 - Coordenadas geográficas e regiões fisiográficas do Estado do Rio de Janeiro (EMBRAPA/SNLCS, 1980).

Associados aos gnaisses arqueozóicos ocorrem numerosos diques de rochas eruptivas básicas, sendo que as maiores concentrações deste material básico se encontram na região noroeste do Estado. Ainda na faixa gnáissica dissecada pelo rio Paraíba do Sul existem numerosas ocorrências de dolomitos e calcáreos dolomíticos (Brasil, 1958).

O planalto abrange as terras de altitudes médias mais elevadas, situando-se ao norte e a oeste da Serra do Mar, e seus prolongamentos, formando o relevo montanhoso, dissecado pela ação do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes, denominado de 'mar de morros'.

O terciário encontra-se representado pelos depósitos da pequena bacia calcárea de São José de Itaboraí, encaixada nos gnaisses pré-cambrianos e pelos sedimentos continentais da Formação Barreiras.

A baixada fluminense é especialmente representada por formações terciárias e quaternárias que constituem, respectivamente, os tabuleiros e as planícies (Brasil, 1958; Silva, 1993). Os tabuleiros de Campos são prolongamentos das barreiras terciárias da costa espiritosantense. Argilas e conglomerados ferruginosos (canga) se associam aos arenitos terciários em largos trechos das ocorrências dos tabuleiros (Brasil, 1958; Anjos, 1985; Fonseca, 1986). Segundo Lamago (1955) citado por Anjos (1985) e Fonseca (1986), a origem dos sedimentos Barreiras, no norte Fluminense, deveu-se à erosão das rochas do Pré-Cambriano, sob clima seco, e posterior transporte para as posições de relevo inferiores.

As planícies da baixada são formações quaternárias resultantes de depósitos marinhos e/ou aluviais depositados pelo rio Paraíba do Sul e afluentes de menor porte, já a planície Campista, ao norte do Estado, é de origem deltáica (Brasil, 1958; Ravelli Neto, 1989).

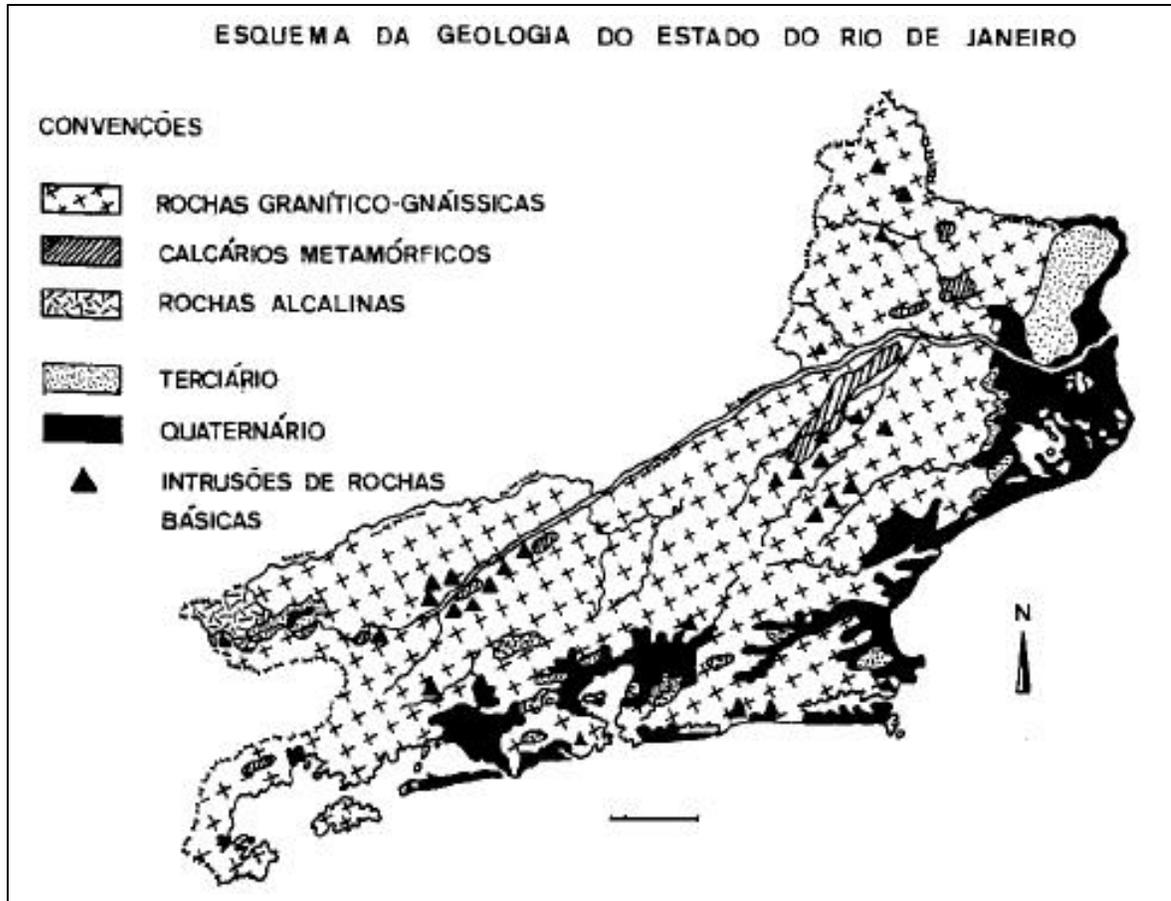


Figura 2- Mapa esquemático da geologia do Estado do Rio de Janeiro (Brasil, 1958).

2.2 - Material de origem e relevo dos perfis estudados.

O material de origem do solo pode ser definido como material inconsolidado a partir do qual os solos são formados, cuja natureza está relacionada com o caráter das rochas ou sedimentos matrizes (Brasil, 1958; Santos, 1986).

O material originário do perfil P1 apresenta em maior grau, litologia com predominância de gnaisses bandeados e/ou laminados, em mistura com migmatitos granulíticos, cujos produtos resultantes da intemperização sofreram retrabalhamento posterior por colúviação. A área deste perfil está incluída no Grupo Paraíba do Sul, constituindo-se de gnaisses e migmatitos diversos, predominantemente bandeados e cortados por mármore, dolomitos e xistos feldspáticos. No conjunto são rochas de fácies anfibolito que sofreram processos de feldspatização, migmatização e intrusões ácidas (Hasui *et al.*, 1984, citado por Santos, 1986). O relevo representativo da área é forte ondulado/montanhoso, nos contrafortes da encosta sul da Serra da Mantiqueira, mas com influências estruturais da rede hidrográfica que drena para o rio Paraíba do Sul e caracteriza-se, principalmente, por vertentes muito longas, de fortes declives, apresentando, ocasionalmente, degraus com superfícies mais suaves onde normalmente são encontrados os solos mais profundos (Santos, 1986).

A área do perfil P2 é representativa do Complexo Costeiro, constituído de rochas de fácies anfibolito e granulito, que sofreram migmatização e granitização em graus variáveis. Os tipos mais comuns são gnaisses e migmatitos de estrutura bandeadada e facoidal, com intercalações menores de

rochas calcissilicáticas, calcário, metavulcânicas, formações ferríferas, quartzitos e magnetita quartzitos (Hasui *et al.*, 1984 citado por Santos, 1986). Na área do perfil P2, as rochas mais comuns, registradas próximo ao perfil coletado e logo abaixo do horizonte C, são gnaisses granitóides, biotita gnaisse, gnaisse facoidal, gnaisses porfiroblásticos e migmatitos (EMBRAPA, 1980). A área é caracterizada por apresentar relevo suave ondulado e ondulado de morros cristalinos, cuja a drenagem é direcionada para o litoral. É uma área tipicamente representativa de relevo estável, com vertentes longas e suaves que minimizam os efeitos erosivos causados por escoamento superficial das águas das chuvas (Santos, 1986).

O perfil P3, pertencente a uma toposseqüência localizada no campus da UFRRJ, situa-se em terço superior da encosta, tendo como material de origem as rochas do Complexo Litorâneo Fluminense. Geologicamente, estas elevações representam afloramentos de formações Arqueanas na paisagem da planície quaternária e são constituídas por gnaisses leuco e mesocromáticos, mais ou menos ricos em biotita, atravessados por intrusões de rochas ácidas e básicas (Mendes *et al.*, 1954).

Os perfis P4, P5, P6 e P7 tem como material de origem os sedimentos de natureza argilo-arenosa da Formação Barreiras na região Norte Fluminense, situando-se em área de relevo suave ondulado e superfície concava. Os perfis selecionados seguiram aproximadamente a linha de maior declive da superfície. Inicialmente descritos pela Comissão de Solos CNEPA, em 1958, os solos de tabuleiro foram considerados como de maturidade genética intermediária entre aqueles que recobrem formações do embasamento Cristalino e os aluviais e hidromórficos que compõem a baixada quaternária (Anjos, 1985).

Compostos por argilas, silte e areia fina, apresentando às vezes leitos de areia ou cascalho rolado, os sedimentos Barreiras são em geral pouco consolidados, de cores variegadas, vermelho-amarelados, esbranquiçados, com nódulos e concreções de ferro, supostamente formados ‘in situ’ (Lamego, 1955; Silva Sá, 1969; Anjos, 1985). A petrologia desses sedimentos, até hoje, afossilíferos, indica-os como originados em ambiente terrestre, uma vez que não apresentam estratificação regular e são compostos, principalmente, por argilas do grupo da caulinita e por grãos de quartzo não rolados (Lamego, 1955; Anjos, 1985).

Os perfis P8, P9 e P10 localizam-se na baixada de Campos dos Goytacazes, conhecida também como baixada Campista (Ravelli Neto, 1989). A maior parte desta região se encontra limitada por depósitos terciários. Em algumas áreas existe contato direto dos depósitos quaternários, que formam a bacia sedimentar, com as rochas associadas ao Pré-Cambriano (Ravelli Neto, 1989). Estes materiais correspondem as feições deltáicas que são constituídas fundamentalmente por depósitos associados a terraços marinhos, terraços fluviais, pântanos, mangues e lagunas (Ravelli Neto, 1989).

O perfil P11, localizado na parte mais baixa da paisagem da topossequência da UFRRJ, é originado de uma mistura de materiais sedimentados pelos rios em seus primitivos transbordamentos, com fragmentos depositados pelas águas pluviais nas cotas mais baixas (Mendes *et al.*, 1954).

Os perfis P12 e P13 tem como material de origem sedimentos inconsolidados de caráter coluvial e idade quaternária acumulados sobre o

regolito dos gnaisses do embasamento cristalino Pré-Cambriano (Duarte, 1992).

As regiões de ocorrência dos perfis 12 e 13 caracterizam-se por uma topografia de relevo suave ondulado a ondulado com reduzidas altitudes, compreendendo colinas côncavo-convexas, como resultado de superfícies aplainadas de erosão (relevo em ‘meias laranjas’) (Brasil, 1958). Encontra-se delimitada a oeste pelos maciços escarpados mais elevados da Serra do Mar, e a leste pelas planícies litorâneas (Duarte, 1992).

As colinas apresentam cobertura coluvial no topo e linha de pedras angulosas e/ou subarredondadas separando o material superior da zona de alteração dos gnaisses Pré-Cambrianos. Esses colúvios aparecem em maior espessura nas concavidades das bases das vertentes e diminuem gradativamente em direção ao topo das colinas. As colinas englobam fácies de dissecação de densidade de drenagem fina e média com incisões de 23 a 62 m (RADAM, 1983; Duarte, 1992).

A maior dificuldade em definir as características dos materiais de origem desses solos está no fato que a parte superior dos perfis desenvolveu-se a partir de um material pré-intemperizado, de idade recente, e que, segundo a literatura (Meis, 1976 citado por Duarte, 1992), sofreu influência em sua composição do regolito do gnaiss Pré-Cambriano subjacente. Além disso, a composição mineralógica das rochas que formam os maciços litorâneos (gnaisses e migmatitos do Grupo Serra dos Órgãos, Pré-Cambriano Superior), cujo produto do intemperismo deu origem a esta cobertura sedimentar, é bastante semelhante à composição das rochas que formam o embasamento cristalino na região da Baixada Fluminense (gnaisses do Complexo

Fluminense, Pré-Cambriano Inferior). Portanto, o intemperismo de ambas, e submissão às mesmas variações climáticas, deu origem a materiais semelhantes. Sendo essa cobertura um colúvio, os efeitos também são pequenos, resultando em material de composição mineralógica e granulometria semelhante àquele sobre o qual ele se depositou (Duarte, 1992).

No perfil P12, localizado no município de Casimiro de Abreu, a cobertura sedimentar, que é de cor amarela, transita abruptamente para o embasamento cristalino que é de cor vermelha, com a presença de uma linha de pedras constituída por fragmentos de quartzo. O contato entre os dois materiais dá-se a 282 cm de profundidade, entre os subhorizontes BC e 2C (Duarte, 1992).

O perfil P13, localizado na Baixada Fluminense, apresenta transição entre os materiais clara a difusa. A cor amarela da cobertura sedimentar vai se avermelhando gradativamente em profundidade, até tornar-se bem vermelho no embasamento cristalino. Neste mesmo perfil abaixo da porção vermelha do embasamento cristalino constata-se ainda a presença de cores brunas e brancas, provenientes da alteração de feldspatos, que ainda encontram-se orientados de acordo com a xistosidade do gnaiss. Nesse perfil não foram observados ao longo da cobertura sedimentar, nódulos ferruginosos ou linha de pedras entre os dois materiais (Duarte, 1992).

Os perfis P14 e P15, localizam-se em uma toposseqüência no campus da UFRRJ, município de Itaguaí. O embasamento cristalino do município é constituído por rochas Pré-Cambrianas pertencentes ao Complexo Litorâneo Fluminense (Oliveira *et al.*, 1977; Silva, 1993). Segundo Leonardo Jr e Fyfe (1974), citados por Duarte (1992), esse complexo rochoso é formado por

gnaiesses, charnockitos e milonitos, tendo como principais minerais constituintes o quartzo, feldspatos alcalinos, plagioclásios, granada e biotita; além de silliamita, magnetita, ilmenita e cordierita, que frequentemente ocorrem. O quaternário, na área em questão, encontra-se representado por depósitos aluviais e coluviais. Os perfis P14 e P15, ocupando as posições de terço médio e terço inferior de encosta, respectivamente, apresentam como material de origem sedimentos coluviais de natureza argilo-arenosa, produzidos pelo intemperismo das rochas supracitadas (P14), e sedimentos coluviais e aluviais (P15) (Mendes *et al.*, 1954).

2.3 - Clima

O Estado do Rio de Janeiro apresenta uma grande diversidade de climas, principalmente devido à influência da Serra do Mar, que separa as baixadas do planalto interior, ao longo de quase todo o território fluminense (Brasil, 1958).

Apesar de localizarem-se em diferentes posições geográficas, a maioria dos perfis estudados apresentam segundo a designação de Köppen clima Aw. Este é definido por apresentar clima quente e úmido de baixada litorânea, sem inverno pronunciado, sendo a média do mês mais frio superior a 18°C, e cujo regime pluviométrico é assinalado um período de chuvas no verão e estiagem no inverno (Brasil, 1958).

Sendo exceção aos demais, o perfil P1 localiza-se em área de clima

mesotérmico, Cfa, sempre úmido, caracterizado por apresentar verões quentes e amenos e invernos frescos, caracterizando toda a vertente atlântica da Serra do Mar (Brasil, 1958).

2.4 - Vegetação

Nos diversos locais onde os perfis de solos foram descritos e coletados a vegetação primária encontra-se profundamente modificada pela ação antrópica, através da exploração urbana ou agropastorial, sendo a vegetação original caracterizada pelos núcleos remanescentes.

Na área do perfil P1, a vegetação de maior porte é representada pela floresta tropical subperenifólia e na do perfil P2, pela floresta perenifólia em vertentes úmidas (Santos, 1986). As florestas perenifólias e subperenifólias são mais densas que as subcaducifólias, não sendo constatados os estratos inferiores tão comuns nestas últimas. As espécies arbóreas mais frequentes são a tabebuia (*Tabebuia obtusifolia*), canelas (*Nectandra spp*), jatobá (*Hymenaea sp*), sapucaias (*Lecythis spp*), jacarandá (*Dalbergianigna*) e a barriga-d'água (*Hidrogaster trinerve*).

Na região dos tabuleiros (P4, P5, P6 e P7), a vegetação original, composta de espécies florestais perenes, não mais existe. Em alguns pontos da paisagem são observados restos de canelas (*Nectandra spp*), óleo vermelho (*Myroxilon sp*) e como substrato arbustivo guatambu (*Aspidosperma sp*) (Anjos, 1985). Como vegetação atual encontra-se a cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), por vezes substituída pela pastagem ou cultivo de subsistência.

Os perfis P8, P9 e P10 estão localizados em área de ocorrência de floresta tropical subperenifólia de várzea. São matas de porte médio, com substrato arbustivo denso e desenvolvidas nos terrenos mais elevados dentro da planície. Entre as espécies registradas estão: ipês (*Tecoma spp*), paineira (*Chorisa speciosa*), canelas (*Nectandra spp*) e aroerinha do campo (*Schinus terebenthifolius*). Nas áreas sujeitas a inundação e nos brejos encontram-se geralmente as seguintes espécies: junco do brejo (*Eleocharis sp*), taboa (*Typha domingueirensis*), embaúbas (*Cecropia sp*), lírio do brejo (*Hedychium aquaticum*) e papiro (*Cyperus giganteus*). Como utilização atual está a cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), cultivada nesta região há cerca de 400 anos e por vezes substituída por pastagens ou culturas de subsistência (Ravelli Neto, 1989).

Quanto às áreas dos demais perfis (P12, P13 e P3; P11, P14 e P15), estas apresentavam-se originalmente coberta pelas florestas subperenifólia e subcaducifólia (Ramos *et al.*, 1970; Duarte, 1989). A derrubada da vegetação original resultou na atual cobertura formada por diversas comunidades de gramíneas onde predominam o capim gordura (*Melinis minutiflora*), o capim colônia (*Panicum maximum*) e o capim sapé (*Imperata brasilensis*). Nas áreas mais altas, de melhor drenagem, essa cobertura é substituída por uma vegetação arbustiva de maior porte e um pouco mais densa, popularmente conhecida como ‘capoeira’ (Brasil, 1958; Duarte, 1992; Silva, 1993).

2.5 - Solos

Os solos selecionados para este estudo tiveram como critérios de escolha, além da natureza do material de origem, a expressão geográfica no Estado do Rio de Janeiro e a potencialidade agrícola das terras.

A classe dos Latossolos é a de maior ocorrência no Estado do Rio de Janeiro, representando cerca de 16.996 km², aproximadamente 43% dos solos do Estado. Nesta, destacam-se o Latossolo Vermelho-Amarelo (20,6%) e o Latossolo Amarelo (8,7%). Estas duas classes apresentam diferenças no tocante ao potencial de uso agrícola, a primeira ocorrendo em áreas de relevo movimentado, não sendo quase utilizada para cultivos agrícolas. Já a segunda, apesar da baixa fertilidade natural é largamente cultivada com cana-de-açúcar, no noroeste do Estado. Além desta outros usos agrícolas podem ser verificados na área de ocorrência destes solos, como o cultivo de abacaxi (*Ananas comosus*), pastagem, mandioca (*Manihot esculenta*) e a citricultura (*Citrus spp*).

Os Podzólicos são a segunda classe de maior ocorrência, representando 3.774 km² (8,4%) dos solos do Estado. Dentre eles destacam-se os Podzólicos Amarelos e os Podzólicos Vermelho-Amarelos. Os Podzólicos Amarelos ocupam a mesma região fisiográfica dos Latossolos Amarelos, possuindo características químicas similares.

Na região do norte fluminense os Podzólicos Amarelos, juntamente com os Latossolos Amarelos, representam 53,57% da área ocupada com a monocultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) (Ravelli Neto, 1989), sendo

a a produtividade média nas áreas ocupadas por estes solos é de 50 t/ha, média de quatro cortes (UFRRJ, 1995).

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos encontram-se dispersos por várias localidades no Estado, apresentando uma gama variada de utilizações devido a sua grande diversidade de atributos de interesse agrônômico.

Os Cambissolos e complexos de solos hidromórficos (Gleis e Solos Hidromórficos) representam 42,72% da participação percentual de solos na cultura canavieira no Estado do Rio de Janeiro (Ravelli Neto, 1989). No entanto, a produtividade destes solos é de 80 t/ha, média de 6 cortes (UFRRJ, 1995), o que demonstra a relevância de tais classes na produção canavieira do Estado.

Dentre os solos característicos da baixada fluminense encontramos os Planossolos e os solos Gleis (Mendes *et al.*, 1954; Ramos *et al.*, 1970; Silva, 1993). Os Planossolos apresentam características químicas e físicas desfavoráveis para a implantação da maioria das culturas agrícolas. Em muitos pontos da área estudada, a vegetação primitiva, acha-se totalmente devastada, encontrando-se apenas pequenas áreas com vegetação arbustiva (capoeira) com alguns remanescentes. A principal utilização que vem sendo dada a estes solos é a exploração mineral, com destaque para a extração de areia.

A parte mais baixa da paisagem, ocupada pelos solos Gleis e Orgânicos, que apresentam características favoráveis a exploração olerícola, vem sendo progressivamente ocupada pela expansão urbana. Atualmente, pode-se constatar, nos municípios de Itaguaí e Seropédica a substituição da olericultura pela fruticultura em especial a cultura do coco (*Coco nucífera*).

3 - Ferro, alumínio e manganês no sistema solo

3.1- Óxidos pedogênicos

Entende-se por óxidos pedogênicos àqueles resultantes de processos de neoformação provenientes da alteração de rochas, sedimentos e solos, e que devido a não encontrarem-se unidos química ou estruturalmente também são chamados de ‘óxidos livres’ (Besoain, 1985).

Diferindo dos óxidos geogênicos formados sob condições elevadas de temperatura e/ou pressão; estes são formados sobre a influência dos fatores de formação atuantes na crosta terrestre (temperatura, umidade, teor de matéria orgânica pH e E_h , entre outros) e refletem as condições do meio sobre as quais foram formados (Schwertmann, 1989).

3.2 - Ferro no sistema solo.

O ferro constitui cerca de 5% em peso da crosta terrestre representando o quarto elemento mais comum desta, estando presente invariavelmente em todos os solos (Moniz, 1980), sendo geoquimicamente hábil para formar numerosos compostos estáveis com enxofre, oxigênio e silício (Krauskopf, 1972). As extremas condições redutoras do interior do planeta mantêm este elemento na sua forma reduzida (Fe^{2+}) permitindo desta maneira sua combinação com os ânions silicato (SiO_4^{4-}) e/ou ($S^{=}$). Neste ambiente o ferro também pode ocorrer como numa mistura de Fe^{2+}/Fe^{3+} , no mineral denominado magnetita.

O fato de existir como um elemento nativo e em dois comuns estados de valência, faz com que este metal seja um indicador das condições de oxidação/redução do meio ambiente (Krauskopf, 1972). Em havendo modificação das condições redutoras para oxidantes, ocorrerão transformações das formas dominantes de Fe^{2+} para a forma férrica (Fe^{3+}), a de maior ocorrência nos ambientes naturais.

O ferro presente nos silicatos, especialmente nos minerais máficos, encontra-se predominantemente no estado reduzido; sob condições de oxidação este elemento é liberado pela ação do intemperismo, mediante uma reação combinada de oxidação e hidrólise, assumindo assim a forma férrica (Fe^{3+}).

Uma pequena parte do ferro liberado da estrutura cristalina dos minerais primários pode ser incorporada em camadas de minerais secundários argilosos e/ou complexada pela matéria orgânica, no entanto a maior parte do ferro liberado será precipitada sob a forma de óxidos ou hidróxidos, compostos pouco solúveis na faixa de pH observada na maioria dos solos (Schwertmann & Taylor, 1989).

Ocorrendo condições favoráveis de redução no solo, o Fe^{3+} dos óxidos ou hidróxidos pode ser reduzido com conseqüente aparecimento da forma Fe^{2+} . A migração do Fe^{2+} para microlocais de oxidação induz a sua reoxidação e subsequente precipitação de compostos férricos. Essa acumulação pode apresentar-se na forma de material mosqueado avermelhado ou mais escurecido (em razão de uma eventual presença de manganês), que poderá endurecer-se irreversivelmente sob ciclos alternados de umedecimento e secagem (Kämpf & Dick, 1984).

3.3 - Principais óxidos de ferro no sistema solo

Os principais tipos de óxidos de ferro no sistema solo são: a hematita, responsável por cores avermelhadas (5R - 2,5 YR), a goethita, que confere aos solos cores bruno-amareladas (7,5YR - 2,5Y), a lepidocrocita, que transmite cores alaranjadas (5YR - 7,5YR); e a maghemita e ferrihidrita, que resultam em cores bruno-avermelhadas, respectivamente nos matizes 2,5YR - 5YR e 5YR - 7,5YR (Torrent *et al.*, 1980; Espírito Santo, 1988). A magnetita e a ilmenita, são mais comuns em solos tropicais desenvolvidos a partir de rochas básicas (Palmieri, 1986; Anjos, 1991).

A goethita (α - Fe OOH) ocorre em quase todos os tipos de solos e regiões climáticas e é responsável pela coloração bruno-amarelada de muitos solos e materiais intemperizados (Allen & Hajek, 1989). Sua estrutura consiste em cadeias duplas de octaedros de Fe-OH, que estão ligadas as cadeias duplas vizinhas por ligações pontes de hidrogênio (Besoain, 1985).

Norrish & Taylor (1961) verificaram que a substituição isomórfica de ferro por alumínio em solos goethíticos é muito comum, sendo que trinta e três moles por cento de substituição isomórfica parece ser o limite superior, e esse limite tem sido confirmado por vários experimentos (Schertmann & Taylor, 1989).

A grande variação na substituição de alumínio em solos goethíticos reflete diferentes ambientes pedogenéticos. A alta substituição de alumínio tem sido observada em goethitas de solos altamente intemperizados de clima tropical e subtropical, bauxitas e saprólitos (Curi & Franzmeier, 1984; Schwertmann & Taylor, 1989). Baixa taxa de substituição comumente

prevalece em solos goethíticos fracamente ácidos e de ambientes reductomórficos (Fitzpatrick & Schwertmann, 1982).

Os fatores que determinam o grau de substituição de ferro por alumínio na goethita ainda não foram bem entendidos. A atividade do alumínio solúvel no meio onde desenvolvem-se os cristais de goethita pode ser um importante fator, além da influência do pH e da concentração de silício (Schwertmann & Taylor, 1989). Este fato talvez possa explicar porque goethitas em ambientes gibbsíticos, altamente dessilicizados freqüentemente são intensamente substituídas por alumínio. Sínteses experimentais mostram entretanto que o Al^{3+} , devido a sua carga, parece menos substituível que as espécies hidroxiladas $Al(OH)_2^+$, com menor carga, logo nenhuma incorporação ocorrerá a pH muito baixo, onde o alumínio existe como Al^{3+} em solução (Schwertmann, 1985).

O termo 'haimatites', 'parecido com sangue' (Rezende *et al.*, 1995), refere-se à coloração vermelha das hematitas. Este mineral (α - Fe_2O_3) está comumente associado à goethita em solos de regiões tropicais, conferindo aos perfis coloração vermelha, podendo mascarar a cor amarelada de altas concentrações de goethita (Schwertmann & Taylor, 1989).

Entre os fatores pedoambientais que influenciam a razão goethita/hematita, Schwertmann & Taylor (1989) ressaltam a valência inicial da fonte de ferro, a sua concentração na solução do solo, o teor de matéria orgânica, a atividade do alumínio na solução do solo e parâmetros como pH, E_h , temperatura e atividade da água no solo.

Além dos fatores já descritos, a distribuição regional dos solos hematíticos e não hematíticos, indica uma forte influência do clima sobre a

razão goethita/hematita (Schwertmann & Taylor, 1989), bem como a influência da posição topográfica dos perfis (Curi & Franzmeier, 1984; Schwertmann & Taylor, 1989).

As substituições isomórficas por alumínio também podem ser verificadas na hematita, porém em menor extensão do que aquelas que ocorrem nos cristais de goethita. Somente um máximo de 1/6 dos octaedros ocupados podem ser substituídos por alumínio, correspondendo a metade do máximo de substituições possíveis na goethita (Besoain, 1985).

A lepidocrocita (δ - FeOOH) é um polimorfo da goethita. Sendo formada por processos de oxidação rápida, os cristais de lepidocrocita podem apresentar-se pouco desenvolvidos. Sua ocorrência é generalizada em solos reductomórficos, tendo como aspectos morfológicos mosqueados, faixas e concreções. A presença de depósitos de coloração ocre, ricos em lepidocrocita de baixa cristalinidade foi registrada por Schwertmann e Kämpf (1983) em áreas sujeitas ao hidromorfismo.

As substituições de ferro por alumínio não são comuns em lepidocrocitas no solo. Este fato talvez possa ser explicado, porque as pequenas quantidades de alumínio induzem a formação de goethita ao invés de lepidocrocita, quando da oxidação de Fe^{+2} (Schwertmann & Taylor, 1989).

A ferrihidrita ($5 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) é um óxido de Fe^{3+} fracamente ordenado, sendo um mineral de ampla distribuição em zonas de acúmulos recentes de ferro (Schwertmann & Taylor, 1989). Sua estrutura é similar a da hematita, com exceção a algumas posições de ferro, que estão vazias, e alguns íons oxigênio e hidroxilas são substituídos por moléculas de água.

O alto grau de desordem e o pequeno tamanho das partículas da ferrihidrita em comparação aos outros óxidos de ferro, indica que sua formação deve ser rápida e/ou há impedimentos à sua cristalização. Os principais inibidores da cristalização são compostos orgânicos e silício, que desta maneira propiciam a persistência deste óxido no sistema (Schwertmann & Taylor, 1989).

As principais formas destes óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de ferro, em função do pH e da atividade do íon férrico no sistema, podem ser observadas através do diagrama de estabilidade (Figura 3), sendo que a hematita e a goethita dentre as demais formas são aquelas que apresentam menor solubilidade.

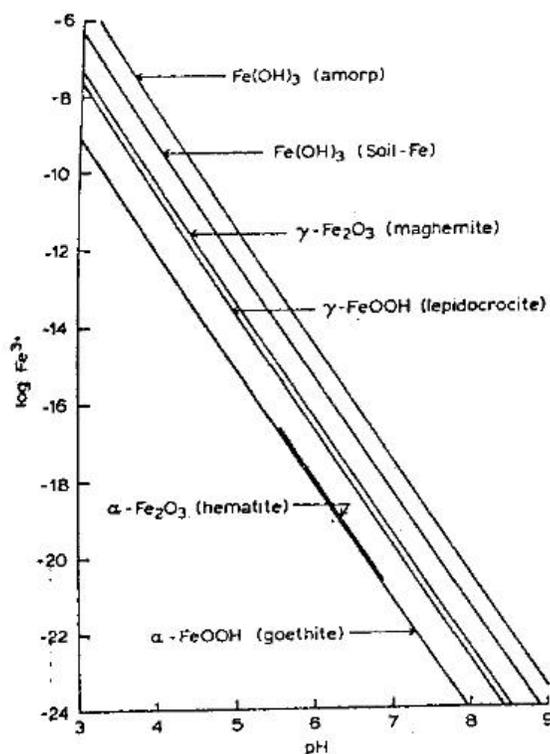


Figura 3 – Diagrama de estabilidade das principais formas de óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de ferro (Lindsay, 1976).

3.3.1. - Formação dos óxidos de ferro no solo

A formação dos diferentes tipos de óxidos de ferro existentes no solo, pode ter duas vias: uma a partir dos íons Fe^{2+} e outra a partir de íons Fe^{3+} liberado dos minerais primários, após oxidação, sendo esta última via a mais comum (Kämpf, 1988).

No sistema Fe^{3+} , a precipitação do íon ferro origina ferrihidrita ou goethita, dependendo da taxa de liberação do ferro durante o intemperismo (Schwertmann, 1985). Quando é ultrapassado o produto de solubilidade da goethita (10^{-42}) forma-se este óxido, mas quando o pKs mais alto da ferrihidrita (10^{-38}) é ultrapassado precipita esta última forma. A ferrihidrita é um óxido de ferro pouco cristalizado que, por reorganização interna e desidratação, origina hematita. Portanto, a ferrihidrita é o precursor necessário para a hematita, enquanto que a goethita se forma a partir de íons Fe^{3+} da solução ou oriundos da dissolução da ferrihidrita (Kämpf & Schwertmann, 1983; Kämpf, 1988).

A taxa de formação da ferrihidrita será favorecida pela liberação de ferro, pela baixa adsorção de sílica, que inibe a cristalização da ferrihidrita, e pela rápida decomposição da matéria orgânica, o que implica em uma reduzida complexação do íon ferro (Kämpf, 1988).

É necessário lembrar que goethita e hematita são instáveis em condições redutoras. Segundo Schulze (1985), citado por Schwertmann & Taylor (1989) o Fe^{3+} pode ser reduzido a Fe^{2+} e, sob estas condições, este íon é mais solúvel, podendo facilmente ser removido pela água para outras partes do perfil do solo. A reoxidação do ferro, possibilita a sua precipitação sob a forma de goethita, lepidocrocita e/ou ferrihidrita. Ciclos repetidos de oxidação

e redução contribuem para a ocorrência de mosqueados e concreções, as quais refletem uma distribuição não homogênea dos óxidos no perfil.

O sistema Fe^{2+} tem como ponto de partida teórico o complexo denominado 'green rust', que por oxidação pode originar a lepidocrocita, a goethita e também a ferrihidrita (Kämpf & Schwertmann, 1983; Kämpf, 1988; Espírito Santo, 1988).

3.3.2 - Efeitos de organismos na redução e oxidação do ferro

Muitas espécies de microorganismos, em especial as bactérias anaeróbicas, são capazes de reduzir os óxidos de ferro presentes no solo. Estes organismos atuam durante o processo de decomposição dos compostos orgânicos. Os elétrons produzidos durante este processo são transferidos para um acceptor de elétrons. Ocorrendo condições de redução, caracterizadas por potencial redox e valores de E_h baixos, o Fe^{+3} torna-se o acceptor destes elétrons quando os valores de E_h atingem limites de aproximadamente +0,1V.

O ferro resultante, na forma de cátion divalente, poderá ser reoxidado, quando o oxigênio é de novo introduzido no sistema ou quando movido para zonas de alto E_h (alta concentração de O_2) tais quais as que ocorrem nos poros de aeração, podendo aí então ser reoxidado e precipitado como um fase sólida de Fe^{+2} , sob a forma de siderita (FeCO_3), vivianita ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e pirita (FeS e FeS_2) (Schwertmann & Taylor, 1989).

Além do processo de redução do ferro certos microorganismos são capazes de oxidar Fe^{+2} em solução aquosa, estes microorganismos são chamados coletivamente de ferro bactérias (Schwertmann & Taylor, 1989). Entre estes pode-se destacar a *Thiobacillus ferrooxidans*, adaptada a

condições extremamente ácidas ($\text{pH} < 3,0$) onde a oxidação abiótica de Fe^{+2} é extremamente lenta (Schwertmann & Taylor, 1989).

3.4 - Alumínio no sistema solo

O alumínio, constituinte natural da matriz do solo, representa 7,1% do peso da crosta terrestre (Krauskopf, 1972). No solo, o íon alumínio provem da decomposição dos silicatos de alumínio, feldspatos, micas, anfibólios, piroxênios e minerais secundários entre outros. O alumínio contido na estrutura cristalina destes minerais, quando liberado por processos de intemperismo, pode ter vários destinos: combinar-se com a sílica formando minerais secundários; ser complexado pelos compostos orgânicos ou precipitar sob a forma de hidróxido de alumínio, neste caso, sendo os polimorfos mais comuns: gibbsita, bayerita e nordstrandita (Violante & Violante, 1980; Boyer, 1985).

A gibbsita δ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ é o hidróxido de alumínio mais comum nos solos, particularmente em solos tropicais submetidos a processos intensos de desilicatização e desbasificação (Chesworth, 1972; Besoain, 1985).

As condições necessárias para a formação da gibbsita são: ocorrência de pH ácido, porém não excessivo, e a não existência de minerais que possam adsorver os compostos de alumínio ou de compostos orgânicos com os quais este íon possa formar complexos organo-alumínicos. Tais condições são mais comumente encontradas nas regiões tropicais e, em decorrência disto, este mineral é encontrado frequentemente na classe dos Oxisols (Violante & Violante, 1980; Kodama & Schnitzer, 1980; Violante & Huang, 1985; Bensoain, 1985).

Alguns pesquisadores sugerem que os silicatos primários poderiam alterar-se diretamente à gibbsita (Bensoain, 1985.), sem passar por etapas intermediárias, já outros sugerem que a formação da gibbsita requer uma fase através de minerais de argila, como intermediários, no curso da alteração dos minerais primários (Bates, 1962, citado por Bensoain, 1985). Ainda as condições de drenagem e a composição do material de origem tem uma influência preponderante para direção de uma via ou de outra.

O alumínio parece não sofrer efeitos diretos do E_h (Michalya, 1971), porém, segundo Roupach (1963), citado por Ponnampertuma (1972), sua concentração na solução do solo é altamente dependente do pH. Assim à pH 3,5 a concentração de alumínio solúvel em água pode chegar a valores tão elevados como 69 $\mu\text{g/g}$ (Ponnampertuma, 1972). Se o pH do meio se mantiver abaixo de 5,5 o alumínio subsiste na forma solúvel e pode migrar do perfil, havendo precipitação deste em valores superiores de pH (Brinkman, 1970; Segalen, 1971).

Hsu (1977), em reações experimentais no laboratório verificou que a rápida precipitação e cristalização do alumínio em um meio neutro ou alcalino pode levar a formação da bayerita. Por outro lado a cristalização lenta favorece a formação de gibbsita, que comumente é verificada em meio ambientes ácidos.

As principais formas dos óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de alumínio, como função do pH e atividade de Al^{3+} podem ser observadas através do diagrama de estabilidade (Figura 4).

Através da análise da Figura 4, pode-se verificar um decréscimo da solubilidade das diferentes formas de alumínio, na seguinte ordem: bayerita, boehmita, norstrandita, gibbsita e diásporo.

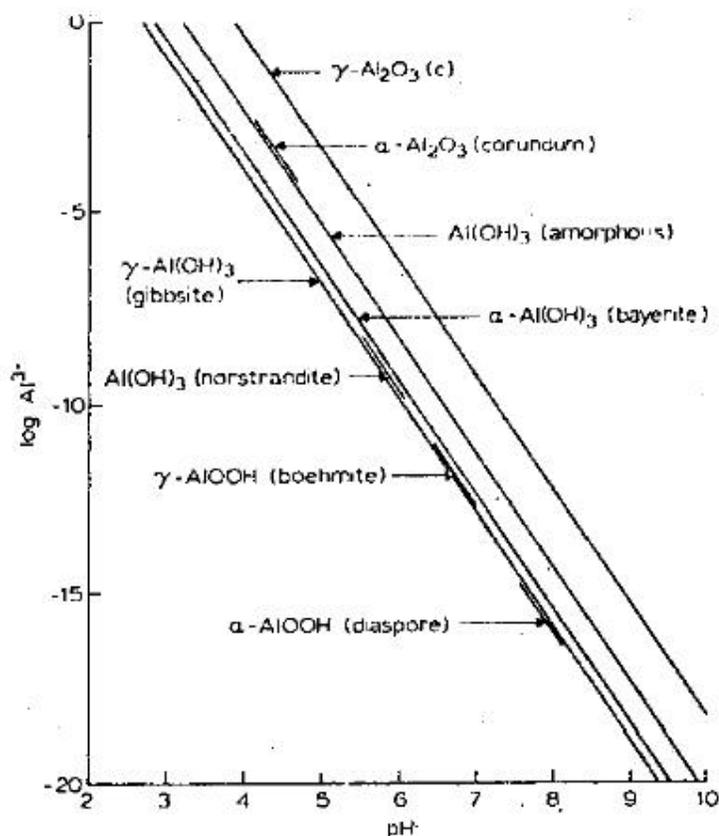


Figura 4 – Diagrama de estabilidade das principais formas de óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos de alumínio (Lindsay, 1976).

3.5 - Manganês no sistema solo

O manganês é o décimo primeiro elemento mais comum na crosta terrestre, apresentando uma concentração média de 0,09% ou $900\mu\text{g/g}$. Nas rochas, os teores de manganês variam de 350 a $2000\mu\text{g/g}$, sendo as concentrações mais elevadas geralmente encontradas nas rochas máficas, onde a relação Mn/Fe é de 1:60 (Krauskopf, 1972). Devido a similaridade entre os raios iônicos do ferro e do manganês, este último pode ser encontrado

substituindo o ferro em minerais ferromagnesianos e, em menor extensão, nos óxidos acessórios.

Tanto no comportamento químico, quanto na ocorrência geológica, o manganês apresenta características similares ao íon ferro. As maiores diferenças encontram-se na maior eletropositividade do manganês, na grande solubilidade da maioria dos seus compostos e, particularmente, na menor estabilidade e maior solubilidade dos seus sulfetos; devido a estas características, o manganês pode ser classificado como um elemento litófilo (Krauskopf, 1972).

O manganês faz parte de um grande número de minerais, nos quais ocorre como Mn^{+2} , Mn^{+3} ou Mn^{+4} . O íon trivalente é instável em solução e o tetravalente ocorre somente em valores de pH bem abaixo daqueles encontrados na natureza, sendo o estado de oxidação +2 o mais comum nos minerais silicatados componentes ou formadores das rochas (Krauskopf, 1972; Borkert, 1991).

O intemperismo dos silicatos ou dos carbonatos contendo manganês, em áreas onde a concentração de oxigênio é limitada, produz manganês na forma reduzida (Mn^{+2}), podendo ser removido por lixiviação, vir a fazer parte de complexos (Krauskopf, 1972), ou precipitar sob a forma de diferentes minerais, principalmente pirolusita MnO_2 , sob condições de oxidação (Dana-Hurlbut, 1983).

O comportamento complexo do manganês, tanto do ponto de vista mineralógico quanto químico, resulta na formação de um grande número de óxidos e hidróxidos, os quais irão dar origem à uma série contínua de composições diferentes quanto ao arranjo cristalino (Borkert, 1991). As

características físicas dos óxidos e hidróxidos de manganês tais como o pequeno tamanho dos cristais e, conseqüentemente, grande área superficial têm importantes implicações geoquímicas, entre elas as associações com alguns metais pesados tais como o cobalto, níquel, cobre e zinco (Kämpf & Azevedo, 1993).

Os óxidos são a forma mais comum do manganês no solo, incluindo a pirolusita (MnO_2) a manganita (MnOOH) e a hausmannita (Mn_3O_4). A pirolusita é o mineral de manganês mais estável sob condições de oxidação, existindo ainda uma série de outros óxidos de manganês que apresentam variações decorrentes de substituições de O^{-2} por grupamentos OH. A estabilidade destes minerais é governada pelo potencial redox, potencial hidrogeniônico e a pressão de CO_2 (Krauskopf, 1972). Devido a estas características os óxidos de manganês são importantes indicadores pedogênicos de ambientes de oxi-redução (Kämpf & Azevedo, 1993).

As informações sobre a mineralogia dos óxidos de manganês em solos são escassas. Isto é explicável pelo grande número de distorções na estrutura cristalina, heterogeneidade química e pequeno tamanho dos cristais, que produzem difração difusa do raio-x; conseqüentemente, os reflexos são largos ou inexistentes, levando a considerá-los 'menos cristalinos'. Além disso, seus reflexos são coincidentes com os de minerais comumente associados no solo (Kämpf & Azevedo, 1993).

3.6 - Métodos para a extração seletiva dos óxidos de ferro, alumínio e manganês

A extração do ferro, alumínio e do manganês pode ser efetuada em amostras de terra ou argila por diversos métodos, os quais representam

diferentes formas de ocorrência destes elementos no solo (Gianluppi, 1979; Espírito Santo, 1988; Kämpf, 1988).

A extração com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra & Jackson, 1960; Holmgren, 1967) dissolve todos os chamados óxidos de ferro 'livres' (Fed), com estrutura cristalina definida, como hematita e goethita, além daqueles menos cristalinos.

Para extrair somente as formas de óxidos menos ordenadas, como por exemplo a ferrihidrita e certas lepidocrocitas, é utilizado o oxalato ácido de amônio (Schwertmann, 1964; McKeague & Day, 1966), sendo estas formas simbolizadas por ferro oxalato (Feo).

Uma terceira forma de extração é aquela que utiliza ácidos fortes, como a digestão com H_2SO_4 1:1 (EMBRAPA/SNLCS, 1979), ou o ataque triácido HF-HClO₄-H₂SO₄, ou ainda com HCl 6 N (Fey & Dixon 1983; Dick, 1986), correspondendo ao ferro total (Fet), presente nos solos tanto na forma de óxidos livres, como o contido na estrutura cristalina dos minerais silicatados (Espírito Santo, 1988).

O conteúdo de óxidos livres de alumínio também pode ser estimado usando o oxalato (Alo) e o DCB (Ald) como extratores. Estes valores apresentam uma boa correlação com os obtidos pela extração de alumínio por NaOH, embora sejam ligeiramente inferiores (Blume & Schwertmann, 1969).

Da mesma forma que o ferro e o alumínio, a extração dos óxidos livres de manganês pode ser conseguida pelo uso do oxalato (Mno) e do DCB (Mnd) como extratores. O Mno tende a ser ligeiramente mais baixo do que o Mnd, porém altamente correlacionado com este (Blume & Schwertmann, 1969; Gianluppi, 1979).

Embora a determinação do alumínio e do manganês venha sendo feita utilizando os mesmos extratores empregados para as formas de ferro, estes não se mostram adequados para esta finalidade devido as características de instabilidade do manganês em solução e da não alteração da valência do alumínio, quando submetido a ação do ditionito, que tem ação redutora.

3.7 - Teores de Ferro (Fet, Fed e Feo) e os valores das relações Fed/Fet e Feo/Fed, como índices de intemperismo em solos

Embora vários índices tenham sido propostos para quantificar a idade de perfis de solo e paisagens (EMBRAPA/SNLCS, 1988), os pedólogos continuam a procura de índices que possam fazê-lo com precisão (Stevens & Walker, 1970; Bockheim, 1980; Harden, 1982; McFadden & Hendricks, 1985).

Dentre os índices mais usados estão k_i e a relação silte/argila (EMBRAPA/SNLCS, 1988). O primeiro refere-se à constituição média da TFSA indicada pela relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ resultante da digestão sulfúrica. O valor 2,0 obtido por este método corresponde à constituição da caulinita (mineral puro). O valor 2,2 no horizonte B representa o limite superior reconhecido para os Latossolos (EMBRAPA/SNLCS, 1988).

A relação silte/argila, que tem sido usada como índice de intemperismo em solos de clima tropical, parece não ter expressão no caso de material de origem constituído por sedimentos altamente intemperizados (Lamego, 1955; Mello & Fonseca, 1962; Anjos, 1985; Duarte, 1992; Silva, 1993).

Os teores de ferro denominados de ‘ferro livre’ tem despertado o interesse dos pedólogos em razão da possibilidade de seu emprego como parâmetro distintivo de determinadas classes de solo, isto é, na taxonomia de solos (Olmos *et al.*, 1993).

A relação Fed/Fet permite avaliar a reserva de ferro em minerais que não são óxidos, por exemplo esmectitas, isto é, ferro a ser liberado pelo intemperismo e eventualmente transformável em óxido de ferro. Já a relação Feo/Fed é usada como ‘índice de cristalinidade’ dos óxidos (Kämpf, 1988). Neste sentido, vários estudos tem sido conduzidos numa tentativa de relacionar a distribuição das diferentes formas de ferro (Fet, Fed e Feo) e das relações Fed/Fet e Feo/Fed, com a idade relativa dos solos em diferentes superfícies geomórficas (Espírito Santo, 1988).

O ‘ferro livre’ é muito insolúvel e acumula-se em ambientes bem drenados, tendendo a aumentar seus teores proporcionalmente ao tempo de exposição do material de origem dos solos. Por esta razão, o ‘ferro livre’ é freqüentemente utilizado para a avaliação do grau de intemperismo e estimativa da idade relativa dos solos, conforme sugerido por Bikerland (1974) e Rebertus & Buol (1985).

Para duas seqüências de terraços fluviais na Espanha, Torrent *et al.* (1980), interpretaram os teores de Fet, Fed e Feo, bem como as relações Fed/Fet e Feo/Fed, como indicadores do ambiente pedogenético. A primeira seqüência é constituída por Alfisols, que apresentaram valores similares para a relação Fed/Fet (em torno de 0,80), indicando um grau elevado de intemperização para os solos. Porém, como a idade dos terraços é diferente, para as superfícies mais recentes, é sugerido que o material aluvial herdado de

outras áreas já tenha sido previamente intemperizado, sendo portanto o efeito do intemperismo pós-deposicional pouco relevante no processo de evolução dos solos. A outra seqüência, constituída por Entisols, Inceptisols e Alfisols, apresentou no mesmo sentido valores crescentes (de 0,37 a 0,75) para a relação Fed/Fet e decrescentes (de 0,15 a 0,04) para a relação Feo/Fed, sugerindo um aumento temporal na quantidade dos óxidos de ferro livres e também do grau de cristalinidade dos mesmos.

Arduino *et al.* (1986), estudando superfícies formadas em diferentes tempos geológicos (Pleistoceno inferior - Pleistoceno médio - Pleistoceno superior), verificaram que a relação Fed/Fet aumentava dos perfis situados nas superfícies mais jovens para as mais antigas, podendo também ser constatado um aumento no índice de cristalinidade, verificado através da relação Feo/Fed.

Rebertus & Buol (1985), utilizaram a relação Fed/Fet para diferenciar Cambissolos pouco desenvolvidos, contendo biotita pouco alterada, daqueles mais desenvolvidos, com este mineral altamente intemperizado, sendo que a relação Fed/Fet de 0,25 foi estabelecida como índice de formação de caulinita a partir de biotita.

Além destas relações, alguns pesquisadores tem verificado que a quantidade de alumínio que substitui o ferro na goethita pode ser utilizada como critério para estimar a extensão da evolução do solo, e do meio ambiente presente e pretérito onde este se desenvolveu (Torrent *et al.*, 1980; Fitzpatrick & Schwertmann, 1982; Schwertmann & Carlson, 1994).

4 - Material e Métodos

4.1 - Material

Foram utilizados materiais de solo provenientes de vários perfis de solo do Estado do Rio de Janeiro, que foram objeto de estudos de teses realizadas no Departamento de Solos da UFRRJ por pesquisadores desta instituição, da EMBRAPA/CNPS e da UEMA - Maranhão. Estes perfis foram escolhidos devido a natureza comum de seu material de origem, rochas de caráter ácido, e os sedimentos a estas relacionados e a expressão geográfica e potencialidade agrícola de tais classes de solo no Estado.

Perfis de solo utilizados na tese de Marlen B. e Silva (1993)

P3 - Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico tb A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

- Seqüência de horizontes: Ap, AB, BA, Bt1, Bt2, Bt3, BC e C.

P14 - Podzólico Amarelo Álico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

- Seqüência de horizontes: Ap, A, AB, BA, Bt1, Bt2 e BC.

P15 - Planossolo Álico Tb abruptico A moderado textura areia/média fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

- Seqüência de horizontes: A1, A2, E, Btx1, Bt2 e Bt3.

P10 - Glei Pouco Húmico Distrófico Tb A moderado textura muito argilosa fase campo tropical higrófilo de várzea relevo plano.

- Seqüência de horizontes: Ap, Cg1, Cg2 e Cg3.

Perfis de solo utilizados na tese de Mariza N. Duarte (1992)

P12 - Podzólico Amarelo Álico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

- Seqüência de horizontes: Ap1, Ap2, AB, BA, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, BC e 2C.

P13 - Podzólico Amarelo Álico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

Seqüência de horizontes: Ap, AB, BA, Bt1, Bt2, 2Bt3, 2BC, 2C e 2 Cr .

Perfis de solo utilizados na tese de Alexandre Ravelli Neto (1989)

P8 - Cambissolo Eutrófico argila de atividade média A moderado textura argilosa fase moderadamente drenado substrato sedimentos aluviais relevo plano.

Seqüência de horizontes: Ap, BA, Bi1, Bi2, Bi3, C1, C2, C3, C4, C5 e Cg.

P9 - Cambissolo Eutrófico argila de atividade média A moderado textura argilosa fase moderadamente drenado substrato sedimentos aluviais relevo plano.

- Seqüência de horizontes: Ap, BA, Bi1, Bi2, Bi3, Bi4, Bi5, C1, C2, C3, C4.

P 10 - Glei Húmico Salino Epiálico argila de atividade média textura argilosa fase muito mal drenado substrato sedimentos aluviais relevo plano.

- Seqüência de horizontes: Ho, C1, C2, C3, Cg1, Cg2 e Cg3.

Perfis de solo utilizados na tese de Humberto G. dos Santos (1986).

P1 - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e forte ondulado.

Seqüência de horizontes: Aep, AB, BA, Bw1,Bw2, Bw3, Bw4 e Bw5.

P2 - Podzólico Vermelho-Amarelo tb Álico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

Seqüência de horizontes: Aep, E, 2Bt1, 2Bt2,2BC, 2Cr1, 2Cr2 e 2Cr3.

Perfil de solo utilizado na tese de Osório O. M. da Fonseca (1986)

P4 - Podzólico Amarelo Álico com fragipan A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo plano.

- Seqüência de horizontes: Oo, A1, A2, AB1,AB2, BA1, BA2, Bt1, Bt2, Bt31, Bt32.

Perfis de solo utilizados na tese de Lúcia Helena C. Anjos (1985)

P5 - Latossolo Amarelo Eutrófico coeso pouco profundo A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.

- Seqüência de horizontes: Ap, AB, BA, Bw, 2C1c, 2C2c e 2C3c.

P6 - Latossolo Amarelo Álico podzólico coeso A moderado textura média/argilosa fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado.

Seqüência de horizontes: Ap, AB, BA, Bw1, Bw2, Bw3 e BC.

P7 - Podzólico Amarelo Distrófico tb coeso A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

Seqüência de horizontes: Ap, AB, BA, Bt1, Bt2, Bt3 e BC.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Descrição de perfis, coleta de amostras e análises químicas e físicas

Todos os perfis foram descritos e coletados, pelos autores das teses citadas anteriormente, seguindo as normas preconizadas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos & Santos, 1984). Após a

coleta das amostras, estas foram secadas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA, foram realizadas análises químicas e físicas necessárias à classificação dos perfis de solo, de acordo com os métodos da EMBRAPA/SNLCS (1979).

Além destas análises foram realizadas outras cujas descrições são apresentadas a seguir:

4.2.2 - Superfície específica

A superfície específica foi determinada na terra seca ao ar, previamente moída e passada em peneira de 60 'meshes'. A adsorção foi medida pelo uso do etileno glicol monometil éter (EMGE), segundo Carter *et al.* (1965), Heilman *et al.* (1965) e modificações de Cihæk & Bremmer (1979). Foram pesados 1,0g de amostra e em seguida adicionado 1,0ml de EMGE e o material de solo submetido a vácuo em dessecador com CaCl₂, efetuando-se pesagens a intervalos pré-estabelecidos, até obtenção de peso constante. A superfície específica total (St) foi calculada pela fórmula :

$$St = \text{gEGME/g(amostra)} \times 2,86 \times 10^{-4} \text{g/m}^2$$

4.2.3 - Ferro, alumínio e manganês extraídos com oxalato ácido de amônio (Feo, Alo e Mno)

A extração com oxalato ácido de amônio foi feita pela adição de 20 ml de oxalato ácido de amônio 0,2M, ajustado a pH 3,0, a 0,5g de amostra de

terra fina seca ao ar (Schwertmann, 1964). A mistura foi homogeneizada por uma hora em agitador horizontal, sendo a extração realizada no escuro. Decorrido esse tempo, a suspensão foi centrifugada durante 15 minutos e então filtrada. O ferro, o alumínio e o manganês no extrato foram determinados por espectrometria de absorção atômica.

4.2.4 - Ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed, Ald e Mnd)

Determinados por espectrometria de absorção atômica, após quatro extrações com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB). Neste método o ferro é complexado pela solução de citrato, reduzido pelo ditionito e o bicarbonato é usado como tampão (Mehra & Jackson, 1960; Schulze, 1964).

4.2.5 - %Fe₂O₃ ou ferro total (Fet)

Determinado em uma alíquota do extrato sulfúrico (ajustada a pH 1,5), obtido de amostra de TFSA, por meio de titulação com EDTA 0,01M, usando-se como indicador o ácido sulfossalicílico, de acordo com EMBRAPA/SNLCS (1979).

4.2.6 - %Al₂O₃ ou alumínio total (Alt)

Determinado na mesma alíquota em que foi o Fe₂O₃, após correção do pH com acetato de amônio. A dosagem do Al₂O₃ é feita titulando-se o excesso de CDTA 0,031M com ZnSO₄ 0,016M e descontando-se o valor do TiO₂ da amostra (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

4.2.7 - Análise mineralógica da fração argila.

- Caracterização da fração argila.

Procedeu-se a difração de raio - x em lâminas orientadas, montadas com suspensão de argila total, sem eliminação de óxidos de ferro pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

As análises foram feitas em difratômetro Rigaku, modelo D-Max II A, empregando-se radiação de $K\alpha$ de λ 1,54050Å, produzida por tubo de cobre, 20 Kv e 30 mA.

- Concentração dos óxidos de ferro e caracterização mineralógica.

A fração argila foi submetida ao tratamento com NaOH 5M, segundo Norrish e Taylor (1961), resultando numa fração rica em óxidos de ferro (Fe-concentrada). A caracterização mineralógica das amostras foi feita por análise de difração de raio-x (DRX) em lâmina em pó. O difratômetro utilizado foi Phillips, PW 1130/00160, empregando-se um cátodo de cobalto de radiação $K\alpha$ (25 mA, 35 Kv). Para a fração Fe-concentrada a velocidade de varredura foi de $1^\circ 2\theta$ por minuto.

5 - Resultados e Discussão

Os solos estudados com as respectivas classificações, características da paisagem e algumas propriedades morfológicas são apresentados nas tabelas 1A e 1B.

Para discussão dos resultados, foram formados quatro grupos de solos quanto a natureza do material de origem, definidos a seguir:

Grupo I - Este grupo compreende perfis de solo que possuem como material de origem rochas de natureza granítica ou gnáissica ou o produto de decomposição destas 'in situ'. Os solos pertencentes a este grupo são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo.

Grupo II - Abrange os perfis que possuem como material de origem os sedimentos da Formação Barreiras; correspondendo aos solos Latossolo Amarelo e Podzólico Amarelo.

Grupo III - Inclui os perfis de solo que apresentam como material de origem sedimentos de natureza aluvial, eles apresentam-se imperfeitamente ou muito mal drenados; os representantes deste grupo são classificados como Cambissolos, Glei Pouco Húmico e Glei Húmico Salino.

Grupo IV - Formado por perfis que possuem sedimentos coluviais como os principais materiais de origem. Os solos deste grupo são: Planossolo e Podzólico Amarelo.

Tabela 1 - Classificação dos solos e caracterização da paisagem, material originário e horizontes diagnósticos.

| Perfil | Horizonte | Classif.⁽¹⁾ | Topografia | Drenagem⁽²⁾ | Prof⁽³⁾ |
|--|------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Material de Origem - Granito/Gnaiss | | | | | |
| P1 | Aep Bw2 | LVA | Ondulado/ Forte Ond. | AD | 370 |
| P2 | Aep 2Bt2 | PVA | Suave Ondulado | MD | 88 |
| P3 | Ap Bt2 | PVA | Suave Ondulado | BD | 124 |
| Material de Origem - Formação Barreiras | | | | | |
| P4 | Ap Bt2 | PA | Suave Ondulado | BD | 200 |
| P5 | Ap Bw | LA | Suave Ondulado | BD | 95 |
| P6 | Ap Bw | LA | Suave Ondulado | BD | 180 |
| P7 | Ap Bt2 | PA | Suave Ondulado | BD | 140 |
| Material de Origem - Sedimentos Aluviais | | | | | |
| P8 | Ap Bi2 | C | Plano | IP | 135 |
| P9 | Ap Bi2 | C | Plano | IP | 156 |
| P10 | Hp Cg2 | GHS | Plano | MMD | - |
| P11 | Ap Cg2 | GPH | Plano | MMD | 15 |
| Material de Origem - Sedimentos Coluviais | | | | | |
| P12 | Ap1 Bt2 | PA | Suave Ondulado | BD | 246 |
| P13 | Ap Bt2 | PA | Suave Ondulado | BD | 95 |
| P14 | Ap Bt2 | PA | Suave Ondulado | MD | 180 |
| P15 | A1 Bt2 | PL | Suave Ondulado | ID | 140 |

⁽¹⁾ PVA = Podzólico Vermelho-Amarelo; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo;
PA = Podzólico Amarelo; LA = Latossolo Amarelo; C = Cambissolo; GPH = Glei
Pouco Húmico; GHS = Glei Húmico Salino; e PL = Planossolo.

⁽²⁾ AC = Acentuadamente drenado; BD = Bem drenado; MD = Moderadamente drenado;
ID = Imperfeitamente drenado; MMD = Muito mal drenado.

⁽³⁾ Profundidade do solum, em cm.

5.1 - Caracterização dos solos

5.1.1 - Solos do Grupo I

O grupo I é representado pelos perfis P1, P2 e P3, formados a partir de rochas do Complexo Cristalino e que ocorrem em topografia ondulada e suave ondulada com boa drenagem (Tabela 1).

Granulometria

Os perfis deste grupo, apresentam expressivas contribuições da fração argila nos horizontes Bw e Bt (Tabela 2), sendo os maiores teores verificados nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (P1, Bw2 - 620 g/kg; P2, 2Bt2 - 430 g/kg; P3, Bt2 - 530 g/kg). O perfil P1, classificado por Santos (1986) como Latossolo Vermelho-Amarelo, apresenta curva característica de argila em profundidade bastante homogênea e similar à que define a classe dos Latossolos. Os maiores teores de areia são verificados nos horizontes superficiais e, para a fração silte, pode-se observar um aumento desta em profundidade, nos perfis P2 e P3.

Ribeiro (1976), citado por Silva (1993), considera que, de um modo geral, a presença de média a alta percentagem de silte em solos de regiões tropicais indica incompleta alteração do material parental. Os valores de silte encontrados nos perfis P2 (BC - 250 g/kg) e P3 (Bt3 - 380 g/kg) indicam a presença de material de origem apresentando um baixo estágio de transformação, compatível com a formação autóctone destes solos.

Tal característica não foi observada para o perfil P1 que, diferindo dos demais no Grupo I, apresenta baixos teores de silte, como indicado pela baixa

relação silte/argila observada no horizonte Bw2 (Tabela 2). Esta propriedades é também esperada em se tratando de Latossolos.

Tabela 2 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo I.

| Perfil | Horizonte | Cor ⁽¹⁾ | Estrutura ⁽²⁾ | Granulometria | | Relação silte/argila |
|--------|-----------|--------------------|-------------------------------------|---------------|-------|----------------------|
| | | | | Argila | Silte | |
| | | | |g/kg.... | | |
| P1 | Bw2 | 7,5YR 5,5/8 | fr mp bsa f up gr ^(*) | 620 | 60 | 0,10 |
| P2 | 2Bt2 | 2,5YR 4/8 | mo pe bsa ^(**) | 430 | 210 | 0,49 |
| P3 | Bt2 | 5YR 5/6 | mo pq e me ba ^(***) | 530 | 140 | 0,26 |

⁽¹⁾ Cor úmida Munsell

⁽²⁾ Estrutura - Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos e Santos, 1982).

* maciça porosa que se desfaz em fraca blocos angulares e forte ultra pequena granular.

** moderada média blocos subangulares

*** moderada pequena e média blocos angulares

Os perfis P2 e P3 apresentam valores mais altos da relação silte/argila para os horizontes superficiais (Anexo 1), a qual diminui nos horizontes subjacentes e volta a aumentar em profundidade. Esta característica, observada por Santos (1986) e Silva (1993), sugere uma provável descontinuidade litológica entre a cobertura do material retrabalhado e o embasamento cristalino. Para o perfil P3, foi observada a presença de linha de pedras, porém, para o perfil P2, nenhuma evidência morfológica corrobora a hipótese de descontinuidade do material de origem.

Complexo sortivo e de meteorização

O complexo sortivo do perfil P1 apresenta-se bastante dessaturado, com valor S de 0,1 cmol_c/kg TFSE para o horizonte Bw2 (Anexo 1), refletindo um avançado estágio de intemperismo. As condições do clima atual e a

vegetação primária de floresta tropical subperenifólia indicam distribuição regular da precipitação ao longo do ano, favorecendo os processos de hidrólise e lixiviação. Essas reações são ainda aceleradas pela natureza do material de origem, gnaisses granitizados, e pela superfície geomórfica onde localiza-se o perfil, degraus com declives, que favorecem o processo de solúviação.

Para os perfis P2 e P3, constata-se que a soma de bases trocáveis (Anexo 1) parece apresentar uma estreita relação com o material parental. Estes perfis, formados a partir do intemperismo das rochas granito/gnáissicas, apresentam-se mais saturados quando comparados ao perfil P1, com valor S variando entre 1,3 cmol_c/kg de TFSE (P2, 2Bt2) e 3,2 cmol_c/kg de TFSE (P3, Bt2), respectivamente.

Os valores da CTC da fração argila (Tabela 3), após descontada a contribuição da fração orgânica (EMBRAPA/SNLCS, 1988), foram de 5,3 cmol_c/kg de argila (P1, Bw2), 10 cmol_c/kg de argila (P2, 2Bt2) e 6 cmol_c/kg de argila (P3, Bt2).

Para os cálculos da estimativa da CTC atribuída à fração orgânica foi utilizado o critério recomendado por Ramos & Cunha (1985) para os solos da baixada de Campos de Goytacazes no Estado do Rio de Janeiro (4 $\text{cmol}_c/100\text{g}$ de carbono orgânico). Todos os perfis deste grupo apresentam argila de atividade baixa (CTC < 13 cmol_c/kg de argila).

O complexo de meteorização foi avaliado através dos teores de silício (SiO_2), alumínio (Al_2O_3), ferro (Fe_2O_3) e titânio (TiO_2), extraídos pelo ataque sulfúrico, na fração terra fina.

Os valores mais baixos de k_i e k_r (Anexo 1) foram verificados para o perfil P1. Estes valores indicam a existência de material muito intemperizado, com predominância de óxidos de alumínio como principal constituinte da fração argila. Os maiores valores destas relações são observados para o perfil P2, apresentando o perfil P3 índices intermediários.

A relação k_i para os horizontes diagnósticos subsuperficiais (Tabela 3) varia entre 1,64 e 2,08, indicando que a fração argila dos solos apresenta como principais constituintes minerais os do grupo da caulinita e óxidos (Nascimento, 1989).

Tabela 3 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo I.

| Perfil | Horizonte | Valor T | CTC Argila | k_i | k_r |
|--------|-----------|--------------|----------------|-------|-------|
| | | cmol/kg TFSE | cmol/kg argila | | |
| P1 | Bw2 | 3,3 | 5,3 | 1,05 | 0,82 |
| P2 | 2Bt2 | 4,3 | 10,0 | 2,09 | 1,82 |
| P3 | Bt2 | 5,1 | 6,0 | 1,64 | 1,29 |

Mineralogia da fração argila

De acordo com os difratogramas de raio-x, a caulinita, gibbsita, goethita, vermiculita com Al interlamelar (VHE), mica e feldspatos foram os principais minerais identificados na fração argila (Figuras 3 a 5).

A caulinita, mineral dominante na fração argila dos solos deste grupo, sendo identificada por picos de 0,719 e 0,317nm. Nos horizontes selecionados para caracterização mineralógica dos perfis, o óxido de ferro predominante

(Figura 6) é a goethita, identificada pelo pico de 0,418nm, sendo provavelmente este mineral o responsável pelas colorações bruno-amareladas observadas nos perfis deste grupo. O espaçamento de 0,485nm demonstra ainda a existência de gibbsita.

A vermiculita com Al interlamelar foi identificada por picos na faixa de 0,160nm, que mostram colapso parcial após saturação com potássio e aquecimento da lâmina a 550°C. Segundo Santos (1986) a vermiculita com Al interlamelar é mais expressiva no perfil P2, confirmando o menor grau de transformação, já indicado pela relação silte argila e valor k_i (Tabelas 2 e 3). A presença de feldspato foi identificada pelo pico de 0,321nm.

Distribuição e relações das formas extraíveis de Fe, Al e Mn

Os resultados obtidos estão apresentados nos gráficos 1 a 6 e em tabelas no Anexo 2.

Embora os extratores utilizados para a determinação dos teores de ferro não tenham se mostrado eficazes para avaliação do conteúdo de alumínio e manganês, estes são os comumente empregados para a quantificação destes elementos em solos (Gianluppi, 1979; Blume & Schwertmann, 1969), razão pela qual serão testados neste estudo.

Os teores de ferro total (Fet) variaram entre 3,36 e 7,20 % para os perfis do Grupo I, sendo os maiores valores observados no horizonte B. Os de alumínio total (Alt) apresentam o mesmo comportamento observado para o ferro. Ambos, Fet e Alt, acompanham o incremento da fração argila em profundidade (Gráficos 1 a 6).

Os teores de Fed tendem a aumentar em profundidade, paralelamente ao aumento do percentuais de argila. Esta característica pode ser melhor observada através da relação Fed/Arg, cuja a pequena variação no perfil indica a co-migração do ferro com a fração argila (Gráficos 2, 4 e 6).

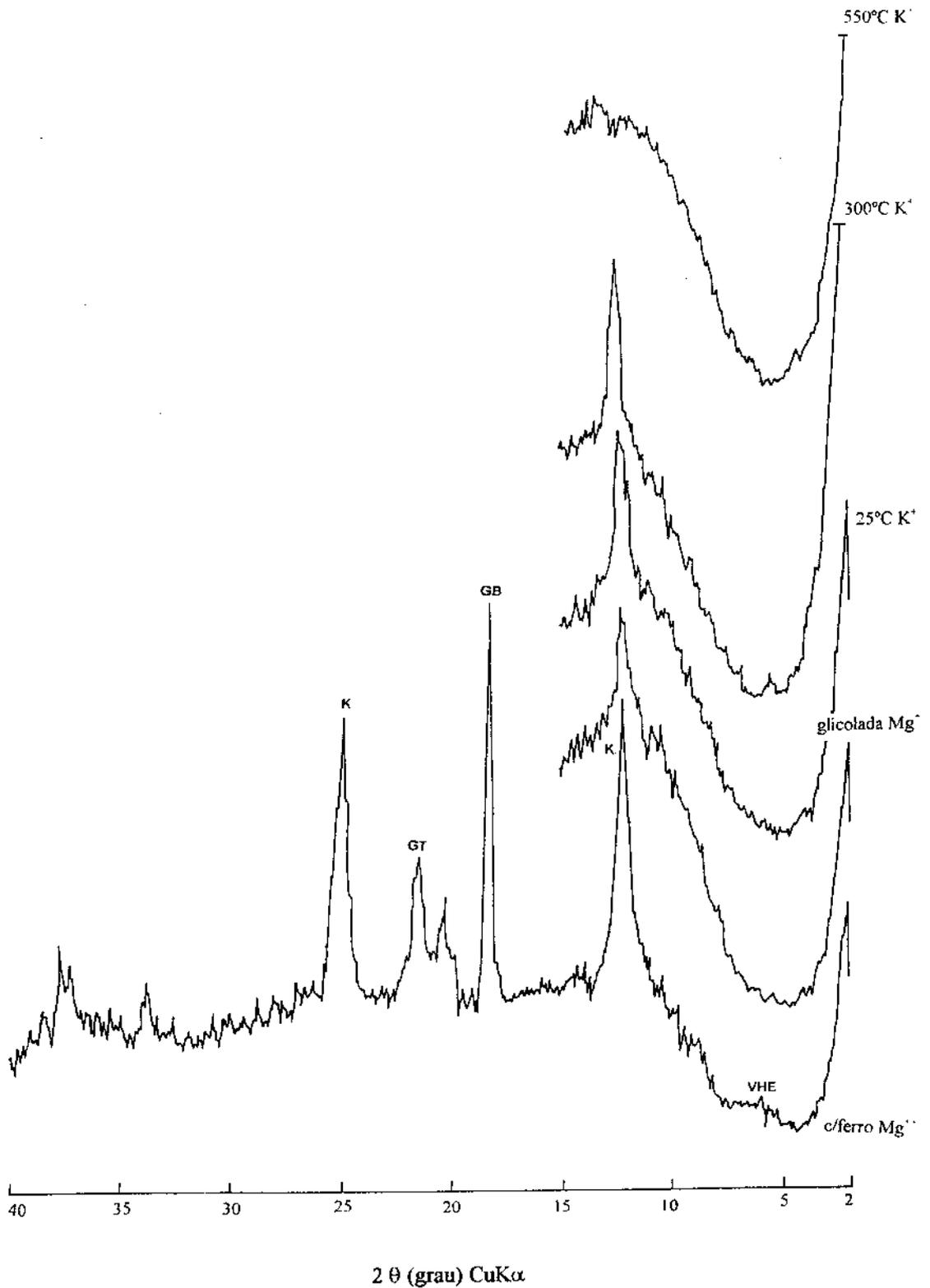


Figura 5- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bw2, perfil P1
 K - Caulinita, GB - Gibbsita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

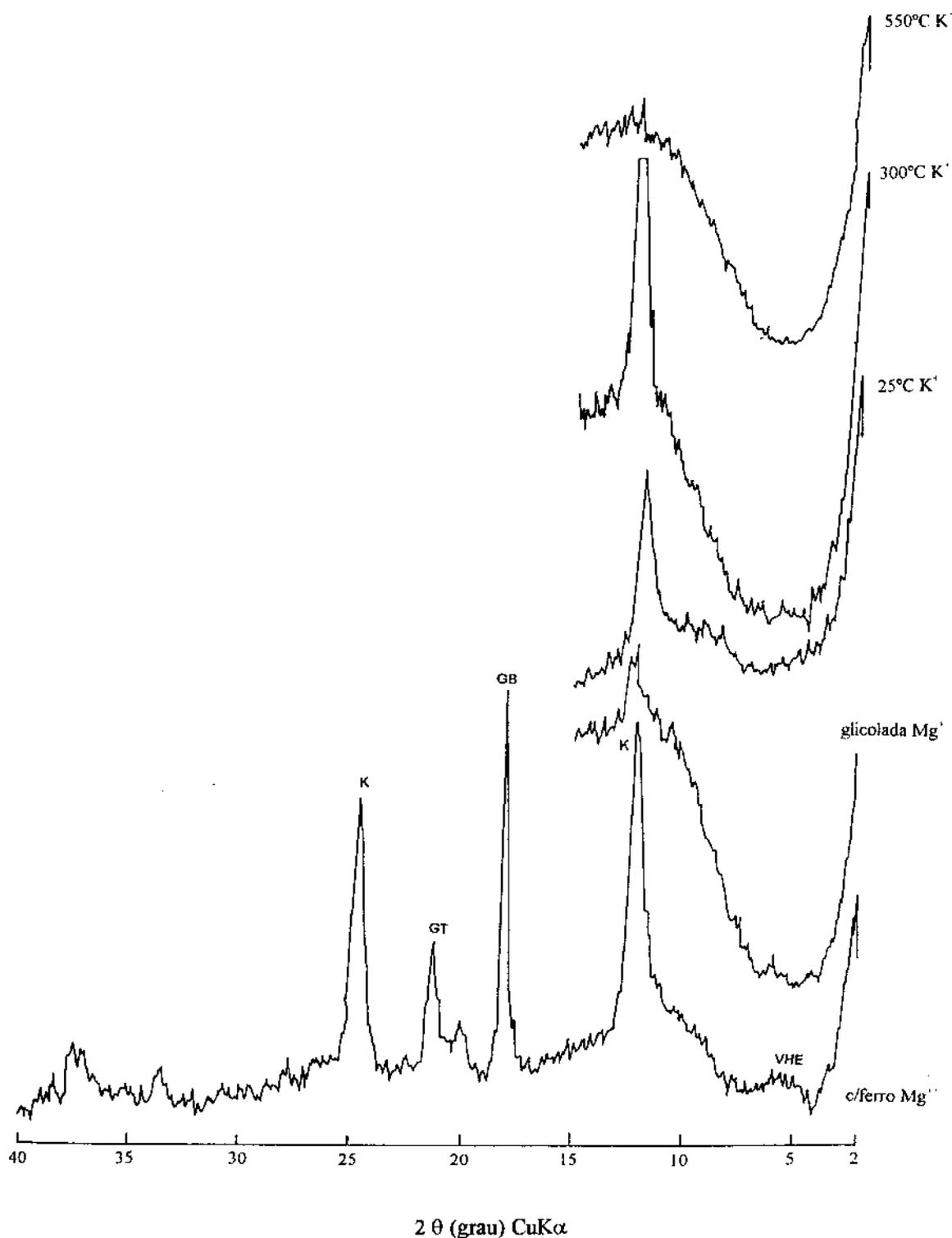


Figura 6- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte 2Bt2, perfil P2
 K - Caulinita, GB - Gibbsita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

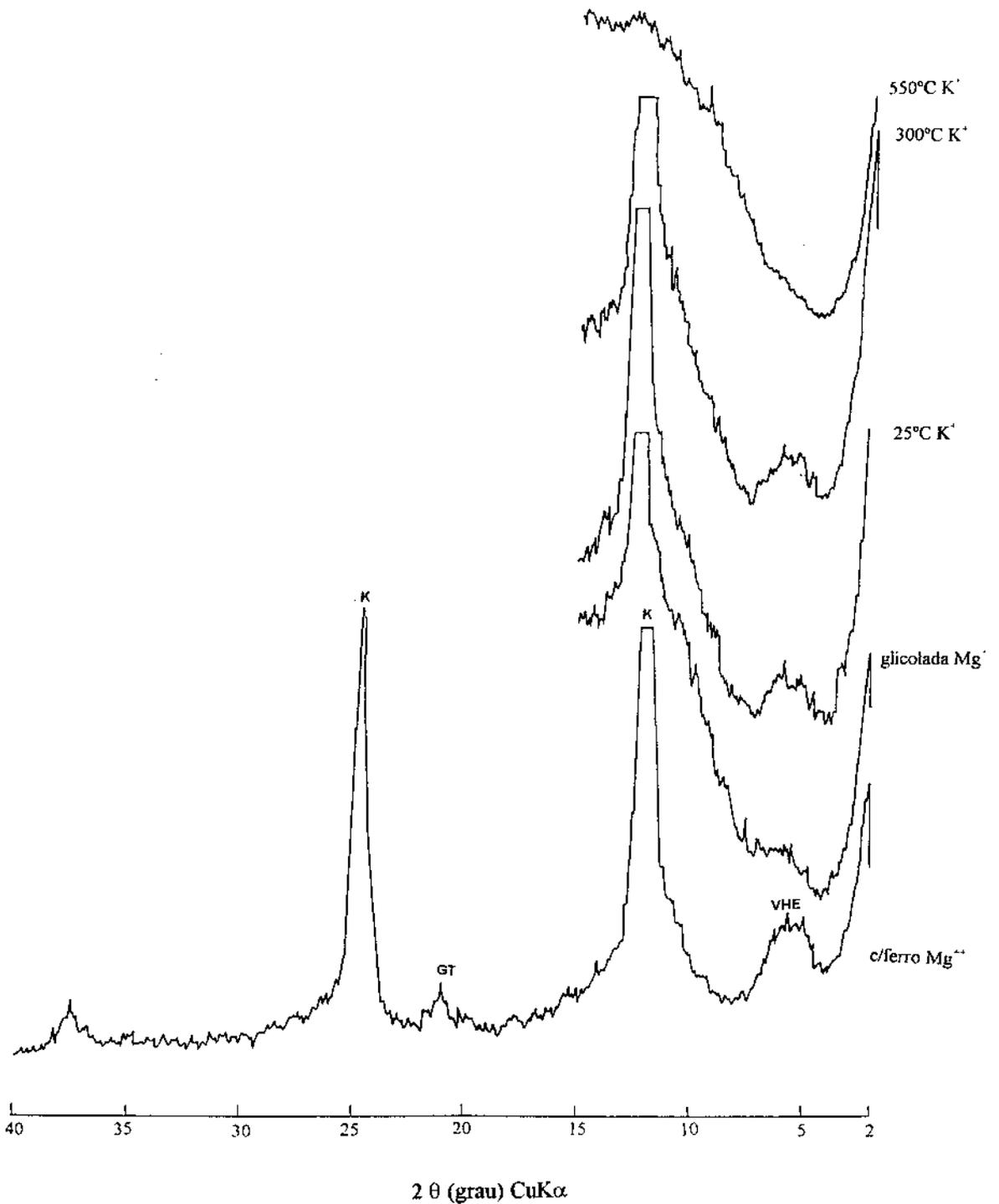


Figura 7- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P3

K - Caulinita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

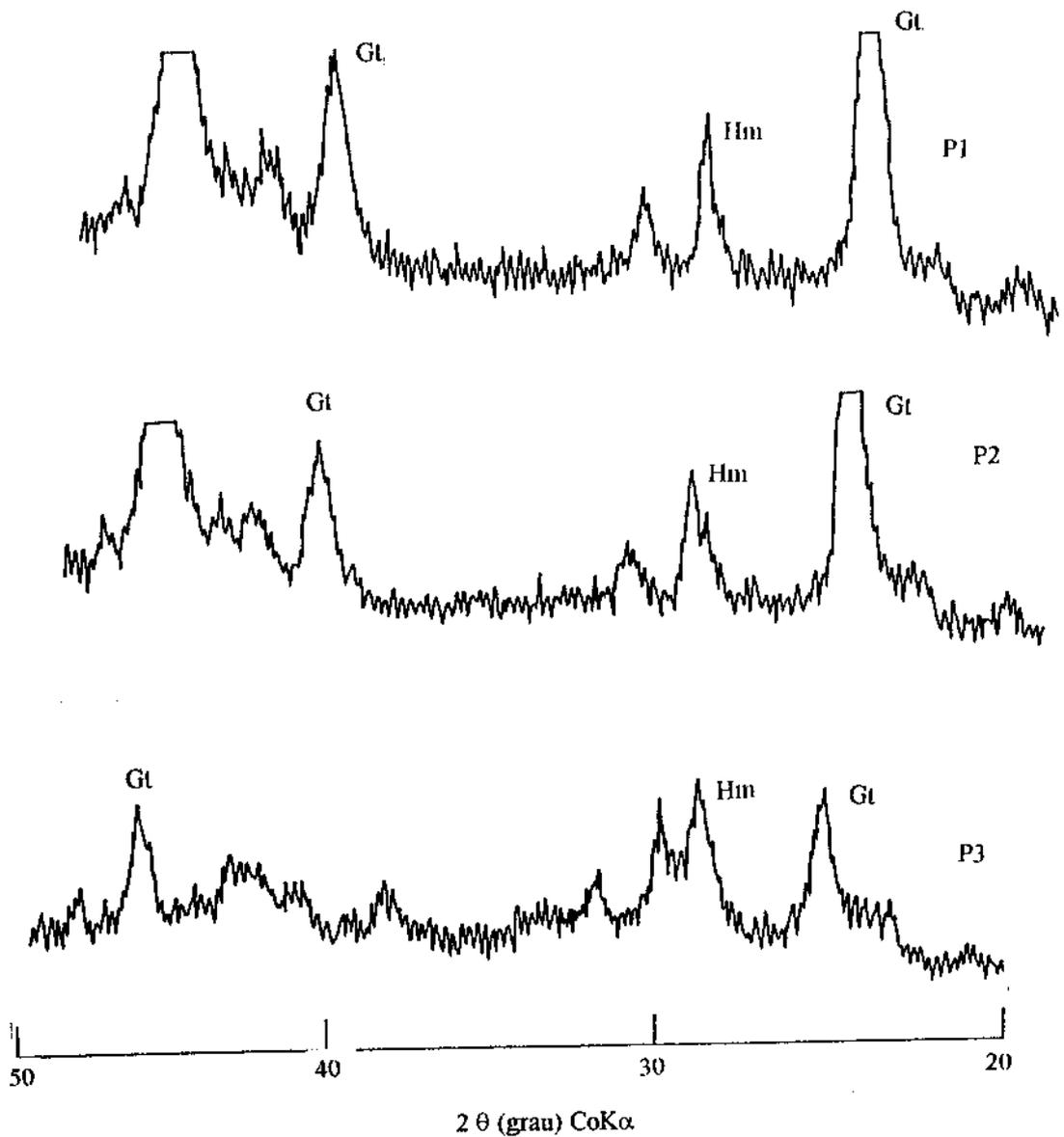


Figura 8- Difratoograma de raio-x da fração argila tratada com NaOH 5M, nos perfis P1, P2 e P3 - Hm - Hematita, Gt - Goethita.

Para os teores de Ald, não se observa uma distribuição regular e decrescente em profundidade. Quanto a relação Ald/Arg, verifica-se que, para o perfil P1, esta permanece praticamente constante ao longo do perfil, já para os perfis P2 e P3 ocorre redução ao longo do perfil (Gráficos 2, 4 e 6).

Os percentuais de Feo, que representam os óxidos de ferro menos cristalinos (Kämpf, 1988), para este grupo de solos, variam de 0,27 a 0,55%. Os maiores valores são observados nos horizontes superficiais, devido ao maior conteúdo de matéria orgânica. À medida que os teores de matéria orgânica diminuem em profundidade, pode-se observar uma redução nos valores de Feo (Gráficos 1, 3 e 5).

A distribuição dos teores de Alo em profundidade mostra-se irregular, porém, pode-se observar uma tendência semelhante à encontrada para Feo (Gráficos 2, 4 e 6). Para os perfis P1 e P3, verificam-se valores ligeiramente superiores no horizonte superficial, sugerindo que a matéria orgânica possa estar também influenciando no processo de cristalização dos óxidos de alumínio.

A relação Fed/Fet (Gráficos 1, 3 e 5), que reflete o grau de cristalinidade dos óxidos de ferro (Blume & Schwertmann, 1966; Anjos, 1991), é maior no horizonte diagnóstico subsuperficial, indicando neste maiores concentrações das formas mais cristalinas dos óxidos de ferro. Os valores desta relação são: 0,88 para o P1 (Bw2); 0,59 para o P2 (2Bt2) e de 0,77 para P3 (Bt2). No perfil P1 esta relação confirma o maior grau de intemperismo, porém, para os perfis P2 e P3, as relações Fed/Fet sugerem grau relativamente menor de pedogênese.

A relação Feo/Fed apresenta comportamento similar a Fed/Fet, entretanto com valores situados na faixa de 0,10 a 0,17 para os horizontes

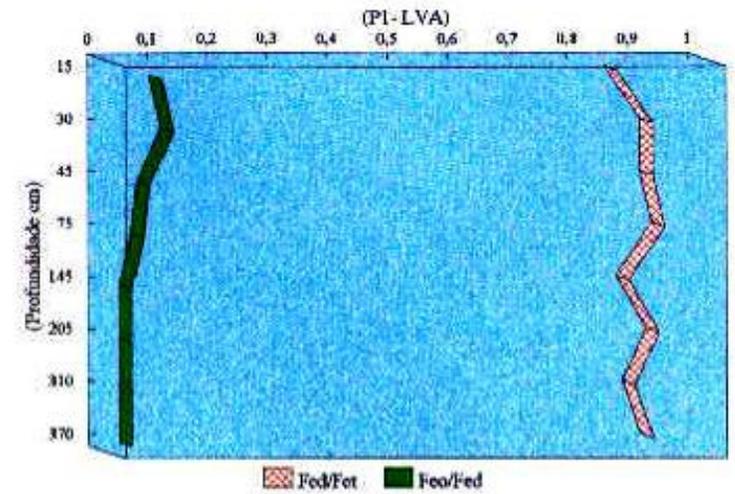
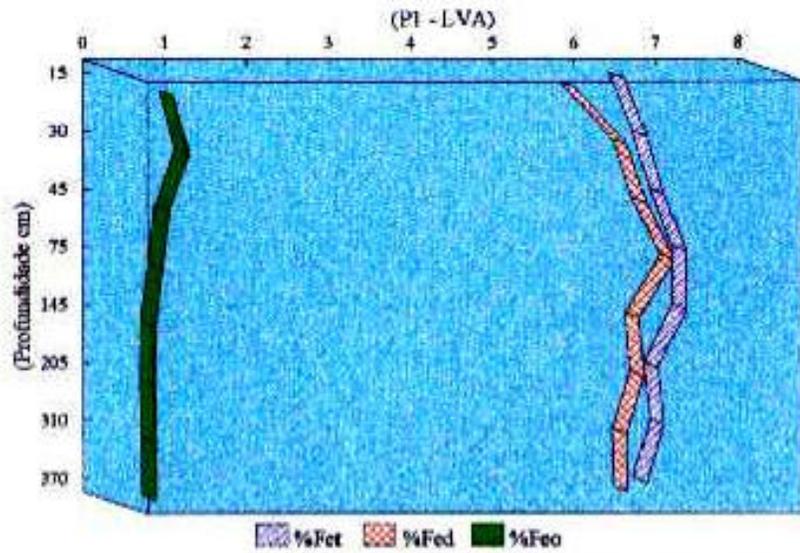


Gráfico 1 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P1.

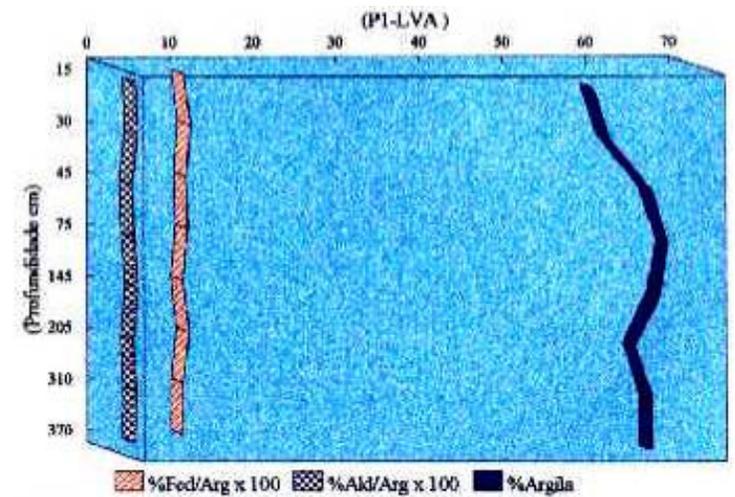
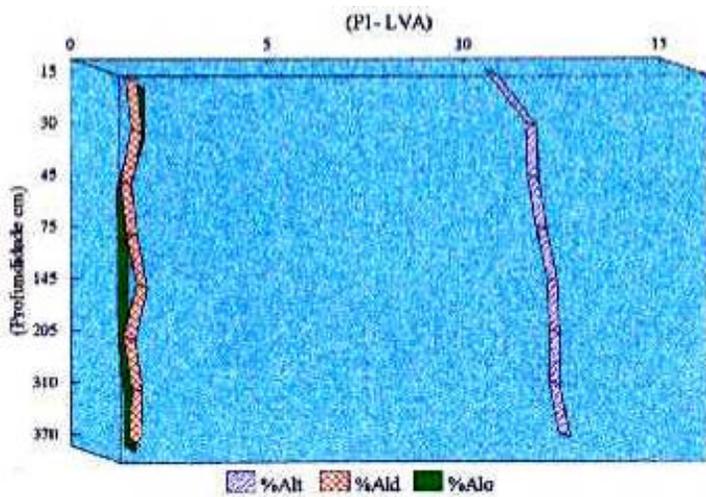


Gráfico 2 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P1.

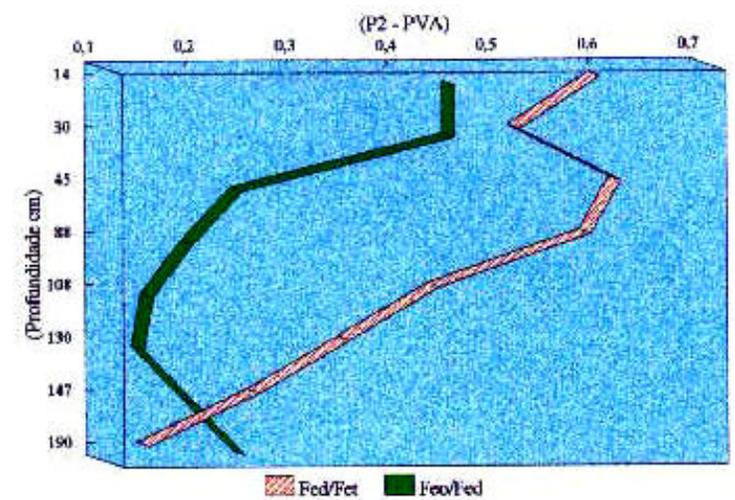
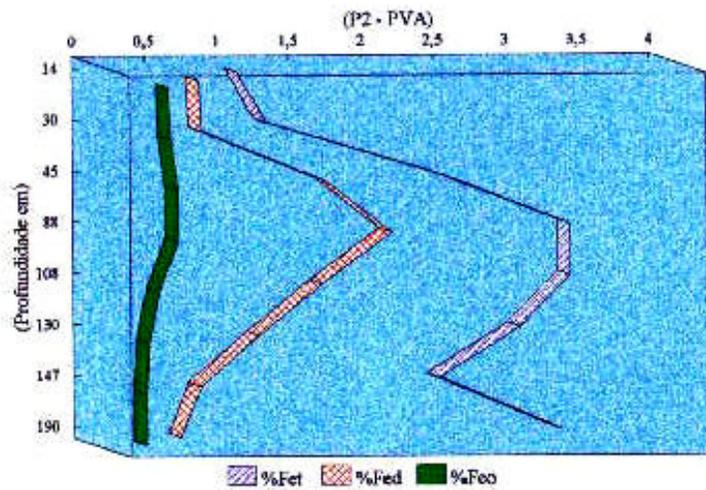


Gráfico 3 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P2.

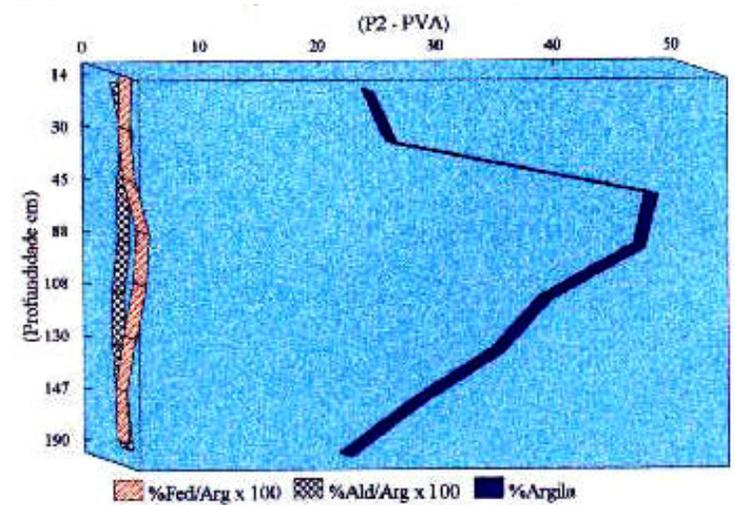
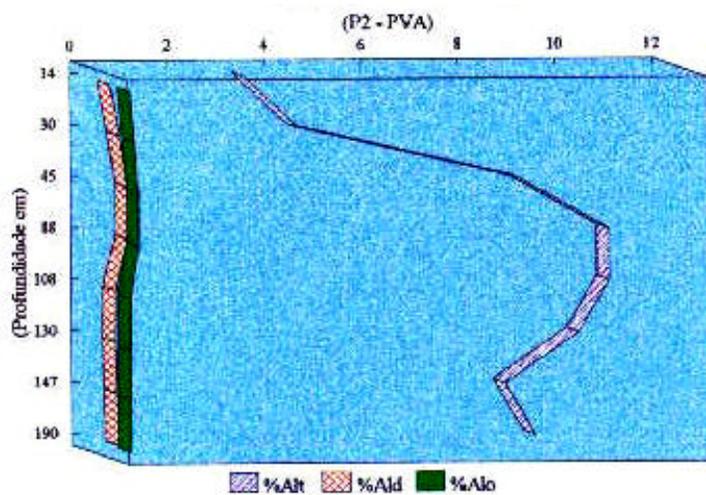


Gráfico 4 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P2.

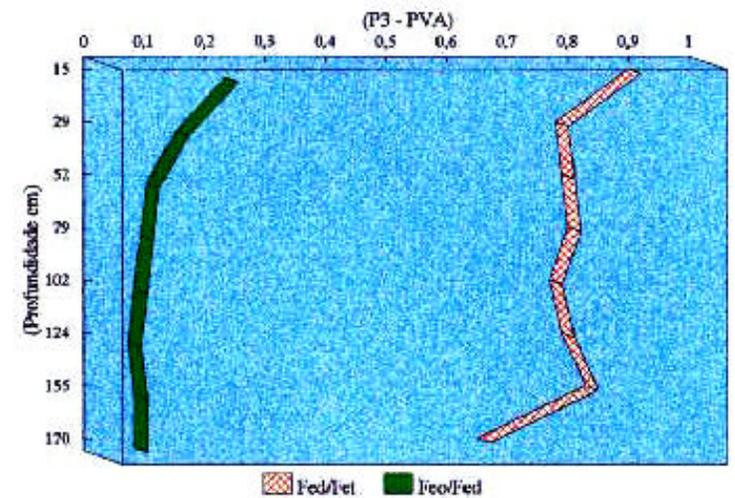
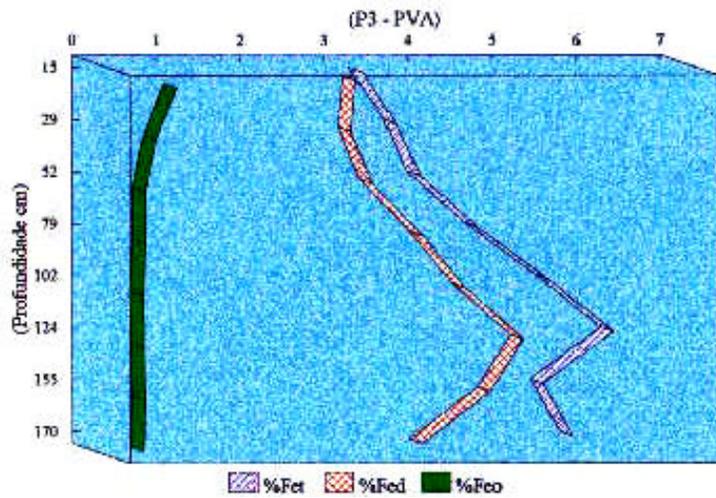


Gráfico 5 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P3.

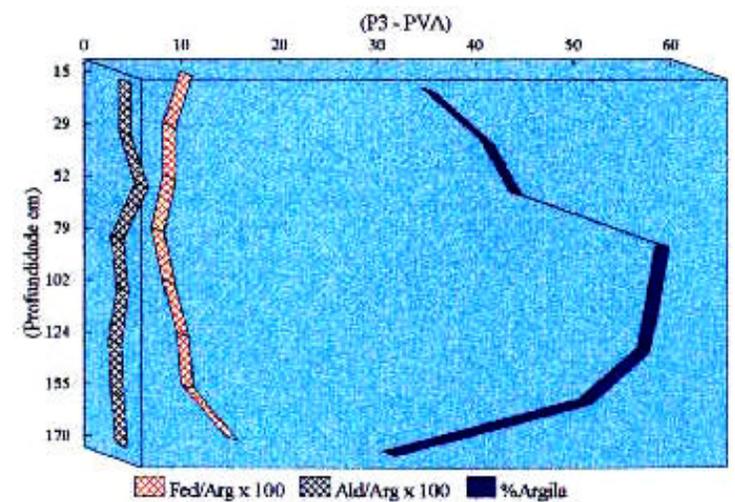
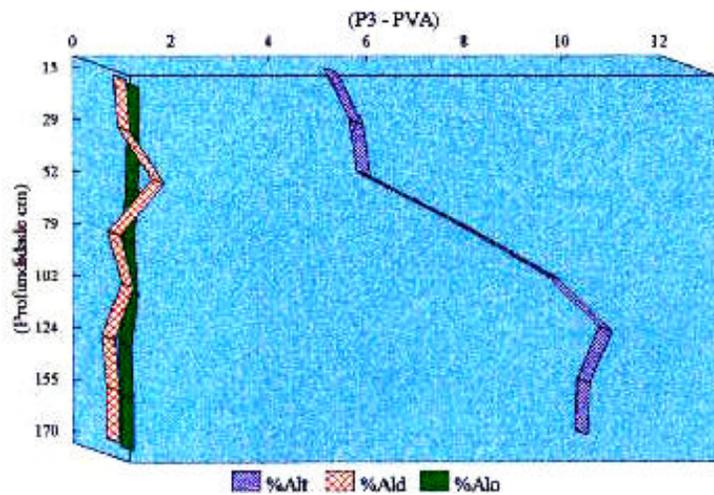


Gráfico 6 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P3.

subsuperficiais, confirmando o elevado grau de cristalinidade dos óxidos de ferro existentes.

A relação Ald/Alt (Anexo 2) apresentou valores entre 0,10 (P1, Bw2); 0,04 (P2, 2Bt2) e 0,06 (P3, Bt2), bastante reduzidos quando comparados aos teores de Alt, indicando que grande parte dos compostos de alumínio deva estar em formas não extraíveis através do ditionito citrato bicarbonato, como, possivelmente, argilas silicatadas. Já a relação Alo/Ald tende a diminuir em profundidade, indicando predomínio das formas de menor cristalinidade nos horizontes superficiais.

Os teores de manganês extraídos pelo ditionito citrato bicarbonato (Mnd) e pelo oxalato de amônio (Mno) são baixos (Anexo 2) quando comparados aos encontrados para o ferro e o alumínio. Os maiores valores foram verificados nos horizontes superficiais, decrescendo em profundidade, podendo este comportamento ser atribuído à biociclagem deste elemento (Harlan *et al.*, 1977; Gianluppi, 1979).

5.1.2 - Solos do Grupo II

O Grupo II, compreende parte dos solos de tabuleiro, que tem como material de origem os sedimentos da Formação Barreiras (Anjos, 1985; Fonseca, 1986). Os perfis apresentam como características em comum, cores amareladas, ausência de minerais facilmente intemperizáveis, baixo teor de silte no solum, baixa CTC/kg de argila, predomínio de caulinita na fração argila e a goethita como principal óxido de ferro (Jacomine, 1974; Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

Estes solos têm sido classificados principalmente como Latossolos, Podzólicos e intermediários entre estas classes, estando os conceitos destas

relacionados às propriedades diagnósticas dos horizontes B latossólico e B textural, conforme Benemra & Camargo (1964), citado por Fonseca (1986).

Granulometria

A distribuição percentual de argila em relação a profundidade (Anexo 1) mostra um incremento do teor de argila do horizonte A para o B, sendo que para alguns perfis (P4 e P7) verifica-se um aumento semelhante ao encontrado na classe dos Podzólicos e para outros (P5 e P6) o aumento é gradual e similar ao observado nos Latossolos.

A relação silte/argila, que tem sido usada como índice de intemperismo em solos de clima tropical (Anjos, 1985; Silva, 1993), parece não ter expressão neste caso (Tabela 4), pois o próprio material de origem já é caracterizado por ser altamente intemperizado (Lamego, 1955; Mello & Fonseca, 1962; Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

Tabela 4 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais do Grupo II.

| Perfil | Horizonte | Cor ⁽¹⁾ | Estrutura ⁽²⁾ | Granulometria | | Relação silte/argila |
|--------|-----------|--------------------|---|---------------|-------|----------------------|
| | | | | Argila | Silte | |
| | | | | ...g/kg... | | |
| P4 | Bt2 | 10YR 5/6 | mp e m ^e bsa ^(*) | 360 | 60 | 0,17 |
| P5 | Bw2 | 10YR 5/7 | m c, p m ^(**) pe ba | 490 | 30 | 0,06 |
| P6 | Bw2 | 10YR 5/7 | m c, p fr p a m ba ^(***) | 380 | 50 | 0,10 |
| P7 | Bt2 | 10YR 4/4 | m c, p fr p ba ^(****) | 460 | 30 | 0,07 |

⁽¹⁾ Cor úmida Munsell

⁽²⁾ Estrutura - Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos e Santos, 1982).

* moderada pequena a média blocos subangulares.

** moderadamente coeso, poucas moderada a pequena blocos angulares.

*** moderadamente coeso, poucas fraca pequena a média blocos angulares.

**** moderadamente coeso, poucas fraca pequena blocos angulares

Complexo sortivo e de meteorização

A capacidade de troca catiônica da fração mineral é baixa (Tabela 5), situando-se os valores entre 2,1 e 7,8 $\text{cmol}_c/\text{kgTFSE}$. Os valores de CTC da fração argila são menores que 24 cmol_c/kg argila, em todos os perfis, caracterizando-os como solos de argila de atividade baixa (Olmos I. Larach, 1981); sendo ainda inferiores a 13 cmol_c/kg argila, característica distintiva para os solos Podzólicos e Latossolos associados à Formação Barreiras (Bennema & Camargo, 1979; Jacomine, 1979; Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

Os percentuais de SiO_2 e Al_2O_3 indicam que a fração mineral dos perfis em estudo é constituída, predominantemente, de argilominerais do grupo da caulinita, característica confirmada pela relação molecular k_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) próxima de 2,0. Os teores de SiO_2 e Al_2O_3 distribuem-se no perfil proporcionalmente ao teores de argila, e a faixa de variação do valor k_i , nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, é de 1,95 a 2,02 (Tabela 5).

Os teores de ferro resultantes do ataque sulfúrico, ferro total (Fet), não ultrapassam o valor de 6,0%, índice utilizado para a classificação de Latossolos e Podzólicos Amarelos (Oliveira *et al.*, 1993).

Tabela 5 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo II

| Perfil | Horizonte | Valor T | CTC Argila | k_i | k_r |
|--------|-----------|--------------------------------|----------------------------------|-------|-------|
| | | $\text{cmol}_c/\text{kg TFSE}$ | $\text{cmol}_c/\text{kg argila}$ | | |
| P4 | Bt2 | 2,7 | 4,2 | 1,95 | 1,68 |
| P5 | Bw | 3,4 | 2,4 | 2,02 | 1,73 |
| P6 | Bw2 | 3,3 | 4,7 | 2,02 | 1,81 |
| P7 | Bt2 | 4,8 | 6,5 | 1,95 | 1,71 |

A relação molecular k_r (Tabela 5), varia, principalmente, em função dos teores de ferro, já que os teores de SiO_2 e Al_2O_3 são bastante homogêneos ao longo dos perfis. Os valores de k_i e k_r indicam um grau moderado de intemperismo e o material mineral do solo, na fração terra fina, não difere significativamente da natureza mineralógica dos sedimentos que compõem a Formação Barreiras (Lamego, 1944; Benemma, 1982; Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

O TiO_2 ocorre em percentagens desde 0,5 a 1,6% (Anexo 1) aumentando ao longo dos perfis. Quanto aos teores de MnO , os percentuais são muito baixos em todos os perfis, não representando componente importante na fração mineral destes solos.

Mineralogia da fração argila

A análise mineralógica por difração de raio-x, de horizontes subsuperficiais, permitiu a identificação dos seguintes minerais: caulinita, goethita e vermiculita com Al interlamelar (VHE), existindo ainda picos indicativos de presença de halloysita. Todas estas espécies minerais foram observadas com a mesma distribuição de frequência para os perfis deste grupo. Os difratogramas são mostrados nas Figuras 7 a 11.

A caulinita foi diagnosticada pela presença dos seus picos de maior intensidade, 0,710 e 0,356nm, sendo também observados os espaçamentos 0,446 e 0,238nm, de menor intensidade. A expressão da caulinita nos difratogramas evidencia que ela é predominante na fração argila de todos os perfis deste grupo, de forma homogênea. Estes resultados concordam com os encontrados por Anjos (1985) e Fonseca (1986), para os solos da Formação Barreiras.

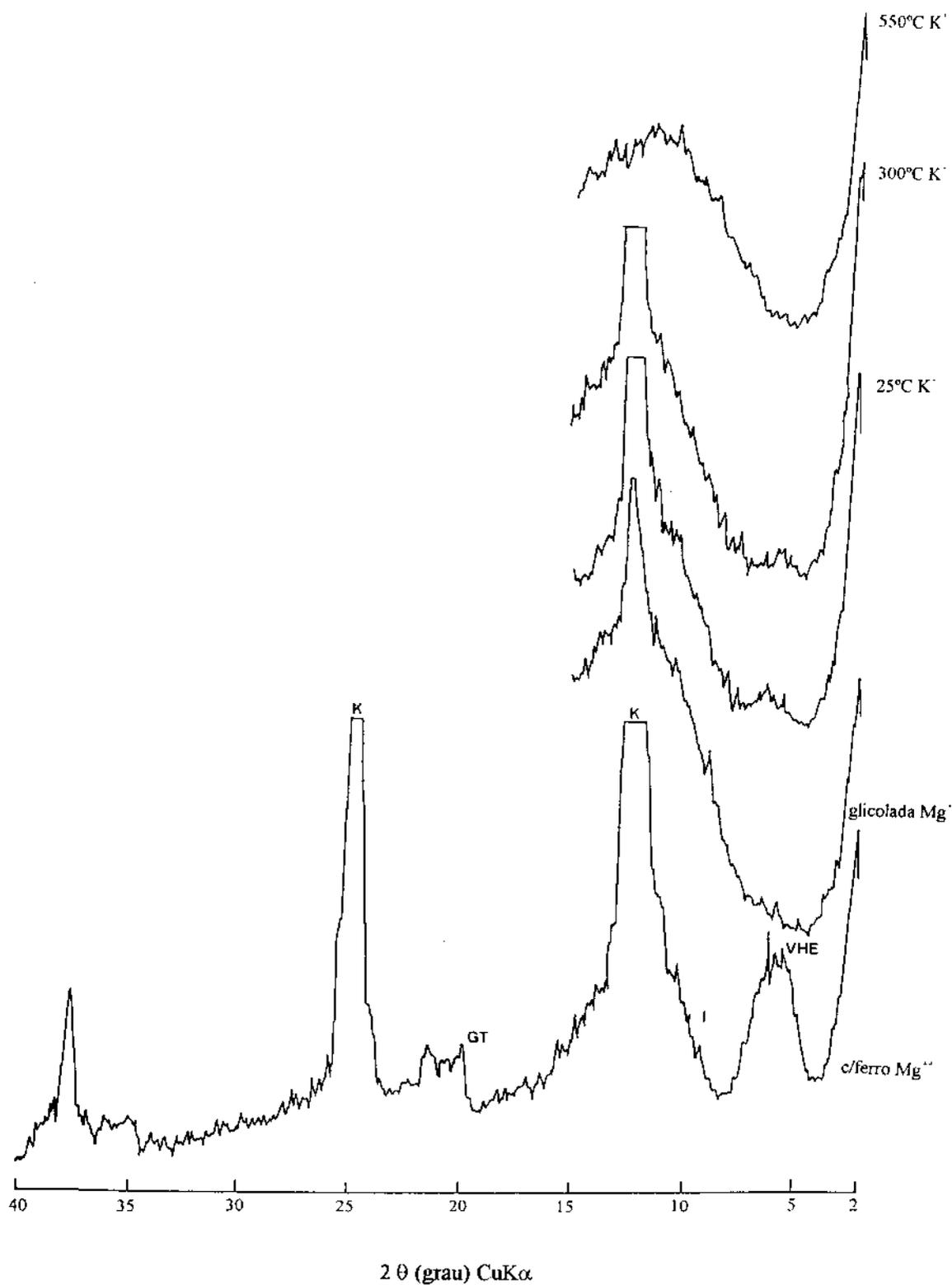


Figura 9- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P4
 K - Caulinita, I - Ilita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

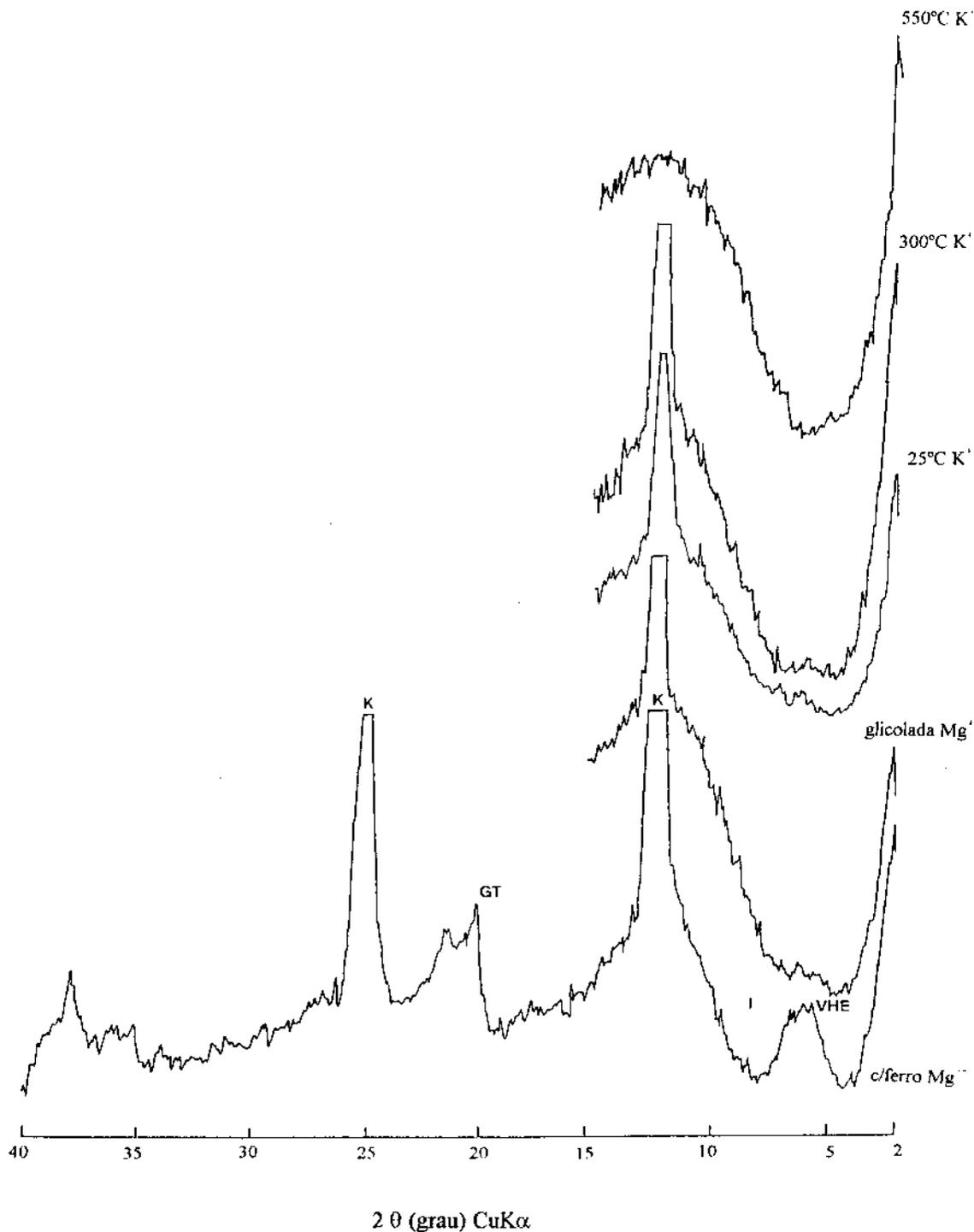


Figura 10- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bw, perfil P5
 K - Caulinita, I - Ilita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

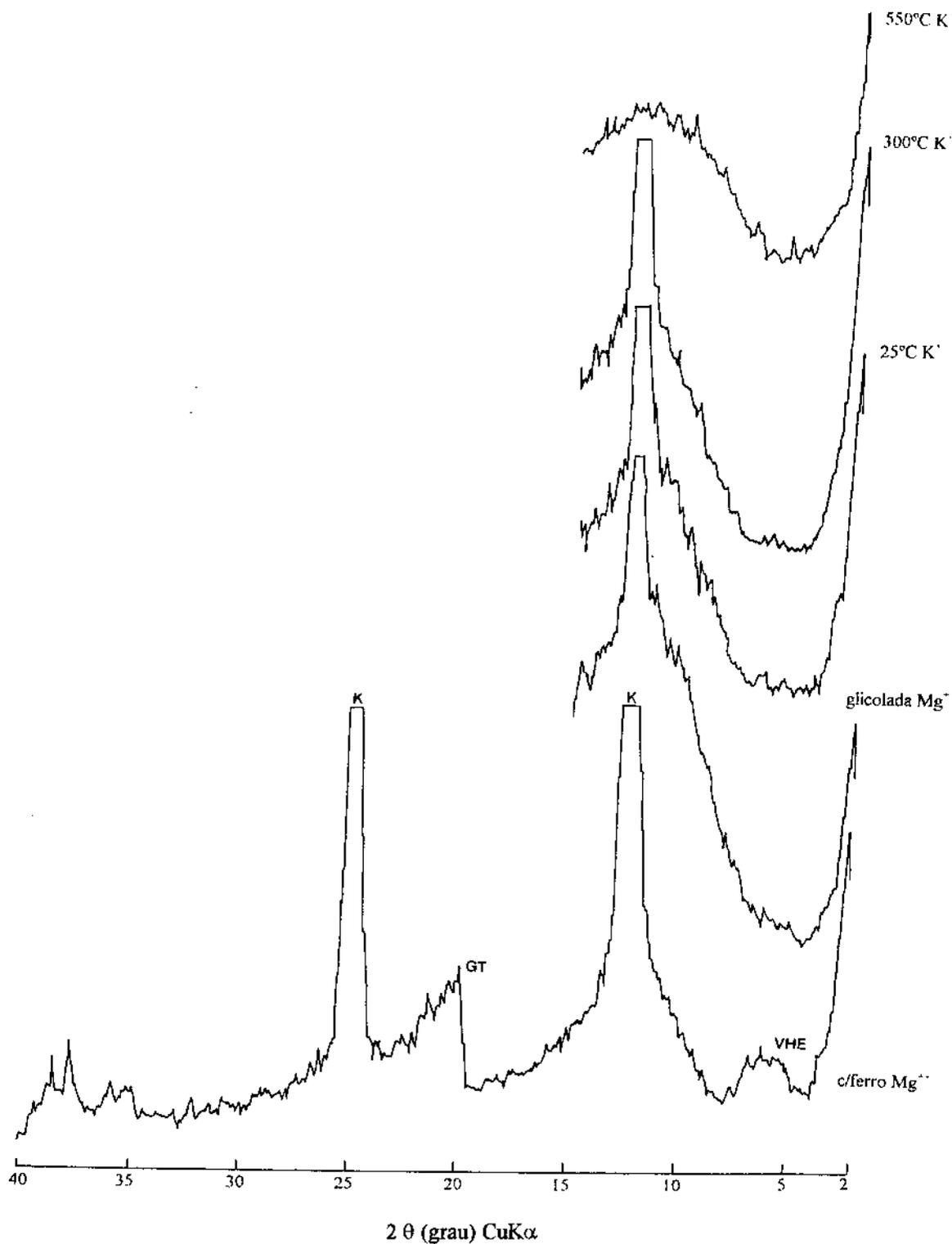


Figura 11- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bw2, perfil P6
 K - Caulinita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

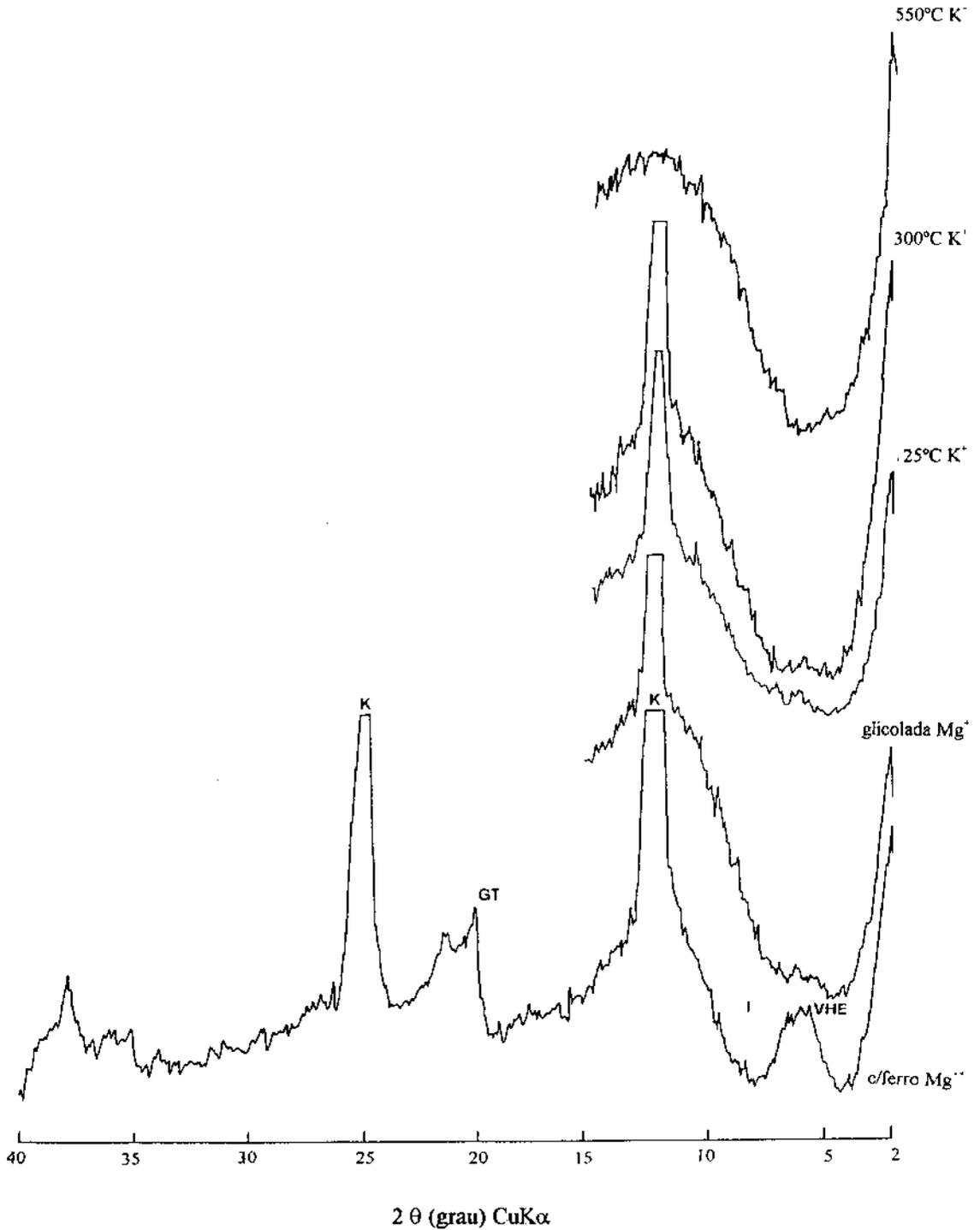


Figura 12- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P7
 K - Caulinita, I - Ilita GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

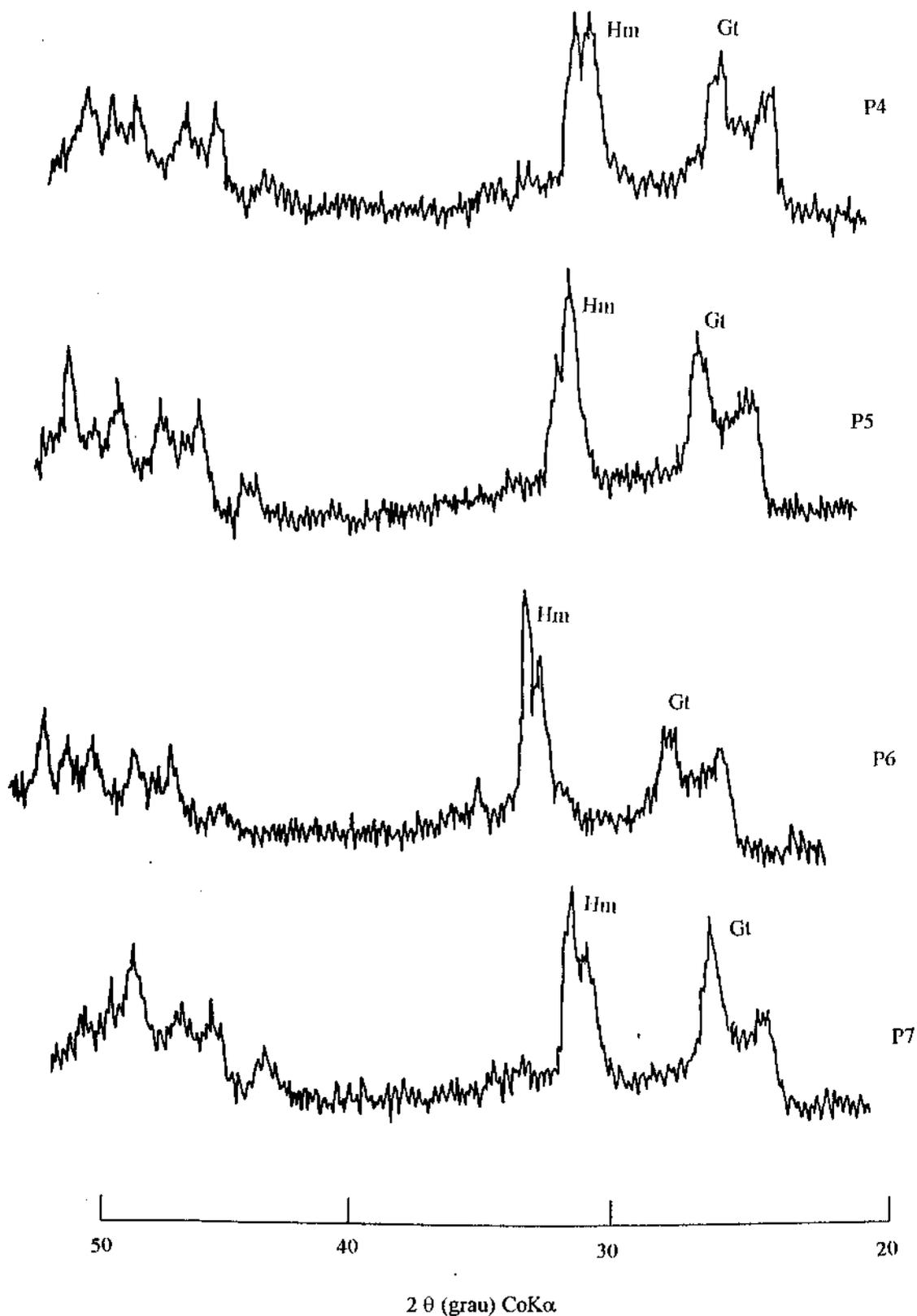


Figura 13- Difratoograma de raio-x da fração argila tratada com NaOH 5M, nos perfis P4, P5, P6 e P7 - Hm - Hematita, Gt - Goethita

A goethita foi reconhecida por picos de 0,411 e 0,415nm (Figura 11). Não foi verificada a ocorrência de hematita, que seria caracterizada pela presença de picos 0,368nm, 0,269nm e 0,252nm (Dixon & Weed, 1977). Desta forma, a cor amarelada (matiz 7,5YR) é atribuída à goethita, em concordância com os trabalhos de Volkoff (1978), Anjos (1985) e Fonseca (1986). O espaçamento de aproximadamente 1,700nm observado nas amostras, mantido após a saturação com potássio, e que não persiste de forma nítida quando as amostras são aquecidas a 550°C, foi atribuído à presença de argilo-minerais contendo hidróxidos de alumínio nos espaços interlamelares (Dixon & Jackson, 1962; Dixon & Weed, 1977). Estes minerais foram identificados como ‘vermiculita Al interlaminar’, mineral de argila frequentemente associado aos solos originados de sedimentos da Formação Barreiras (Anjos, 1985; Fonseca, 1986). Não foi observada a ocorrência de gibbsita em nenhuma das amostras deste grupo de solos (Figuras 7 a 10)

Através da análise da mineralogia da fração argila pode-se verificar a uniformidade do material de origem e a influência deste nas propriedades mineralógicas e químicas do solum.

Distribuição e relações das formas extraíveis de Fe, Al e Mn

Os resultados obtidos são apresentados nos gráficos 7 a 14 e em tabelas no Anexo 2.

Quanto à distribuição dos teores de ferro (Fet, Fed e Feo), os solos do Grupo II apresentam algumas características em comum. Os teores de ferro extraídos com oxalato ácido de amônio (Feo) mostram uma tendência à acumulação nos horizontes superficiais dos perfis, devida, provavelmente, à

maior retenção de umidade pela fração orgânica nesses horizontes, inibindo a cristalização dos óxidos. Esses resultados concordam com as observações de Schwertmann (1966), Schwertmann & Kämpf (1983), Schwertmann & Taylor (1989), sobre o efeito da matéria orgânica como inibidora da cristalização dos óxidos de ferro.

Com exceção ao perfil P5, os maiores valores de %Feo para os perfis do Grupo II encontram-se nos horizontes superficiais (P4, 0,13%; P6, 0,19% e P7, 0,14%), o que deve-se aos maiores conteúdos de carbono orgânico nos mesmos (Anexo 2). Em profundidade, o perfil P5 apresenta variação irregular do percentual de Feo, explicada pela distribuição não uniforme do conteúdo de carbono orgânico (Anexo1).

A distribuição dos teores de alumínio extraídos com oxalato ácido de amônio (Alo) também é irregular e, para a maioria dos perfis deste grupo, constata-se os maiores valores nos horizontes subsuperficiais (Anexo 2). O mesmo comportamento é verificado para os valores de Ald (Gráficos 8, 10, 12 e 14). A relação Alo/Ald (Anexo 2) evidencia o baixo grau de cristalinidade das formas de óxidos de alumínio livres neste solos.

A relação Feo/Fed (Gráficos 7, 9, 11 e 13), possui maiores valores (P4, 0,15%; P5, 0,07%; P6, 0,22% e P7, 0,15%) para os horizontes superficiais, diminuindo com o aumento da profundidade. Esta distribuição acompanha o decréscimo dos teores de carbono orgânico. Valores inferiores aos encontrados para a relação Feo/Fed foram obtidos por Gamble & Daniels (1972), citado por Espírito Santo (1988), em solo bem drenado (Typic Paleudult) de cor vermelho amarelada. Tais valores levaram a conclusão que os óxidos de ferro presentes são bem cristalizados e que a acumulação de formas não cristalinas é pequena.

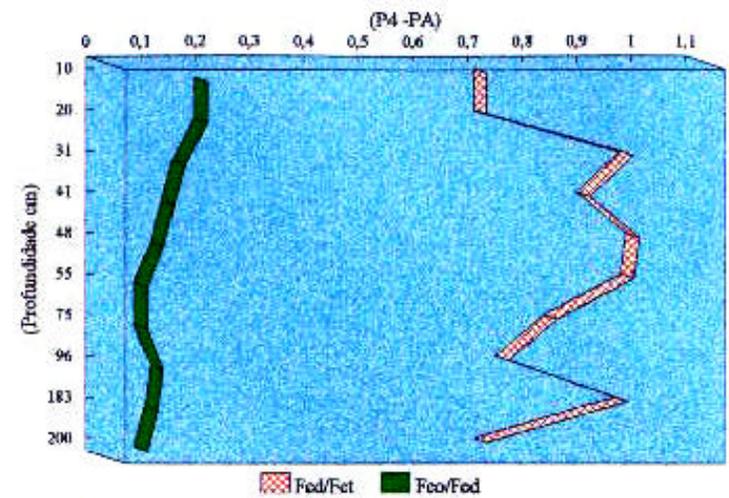
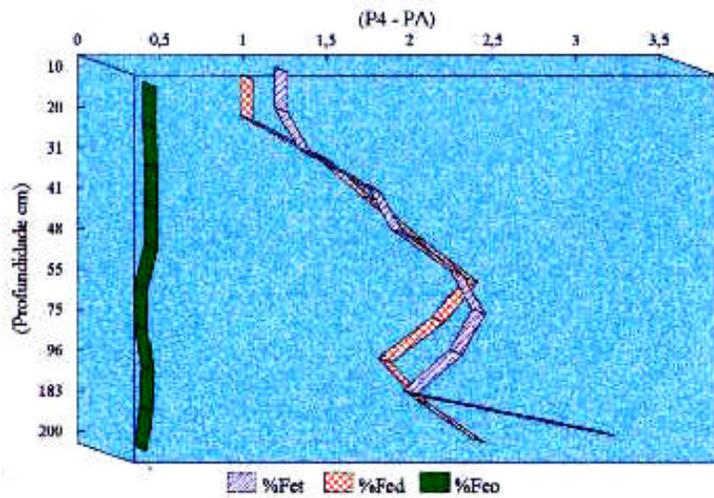


Gráfico 7 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P4.

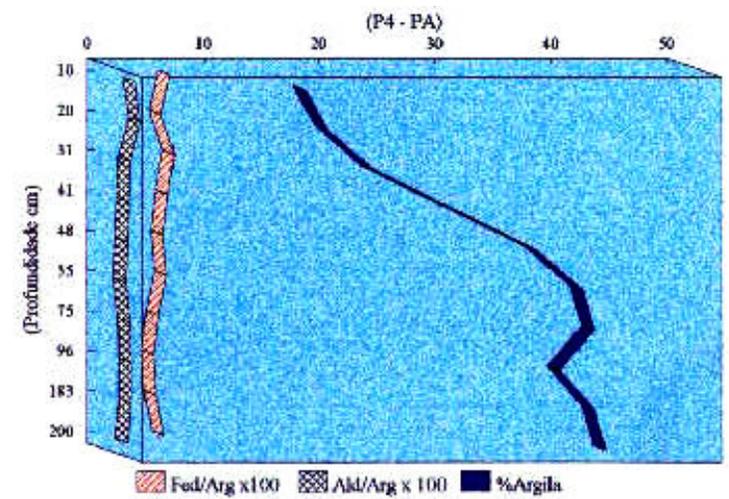
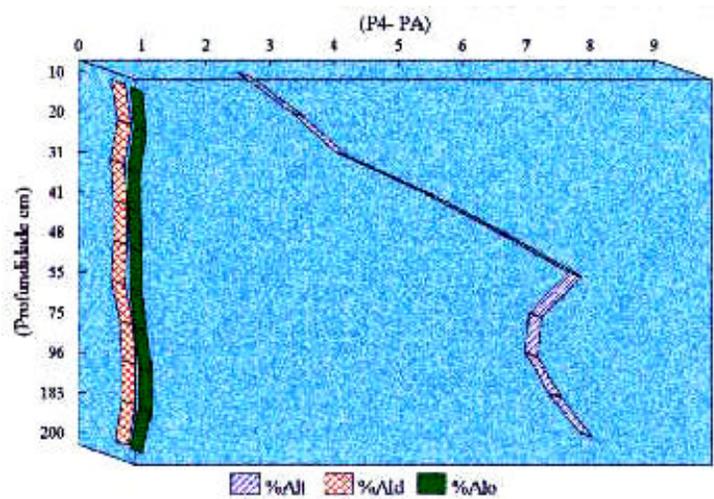


Gráfico 8 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P4.

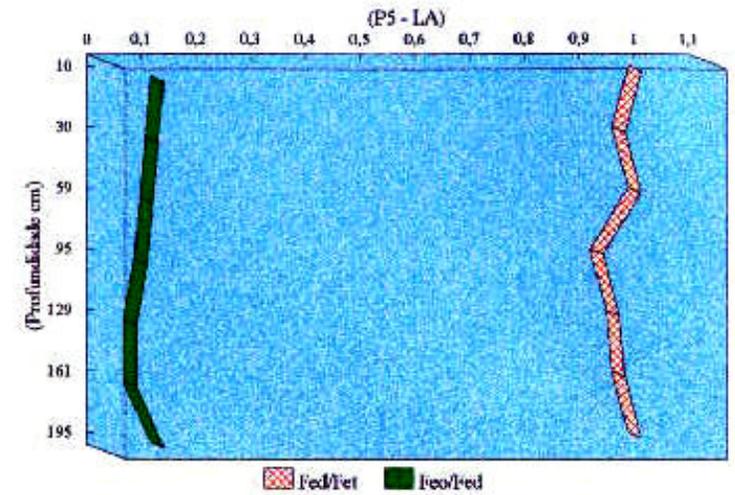
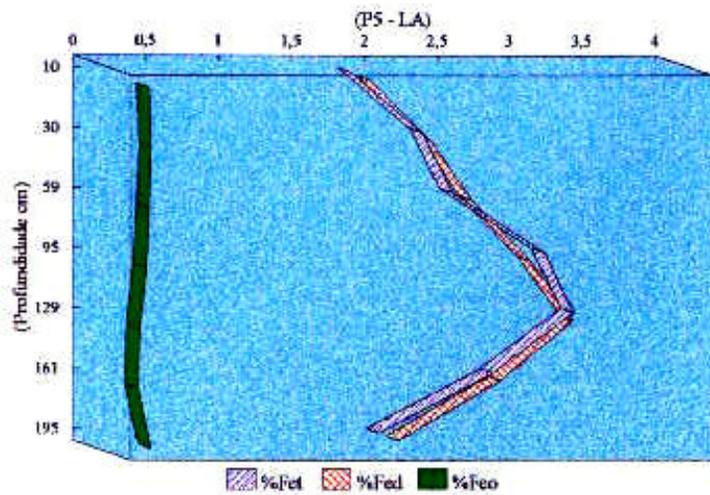


Gráfico 9 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P5.

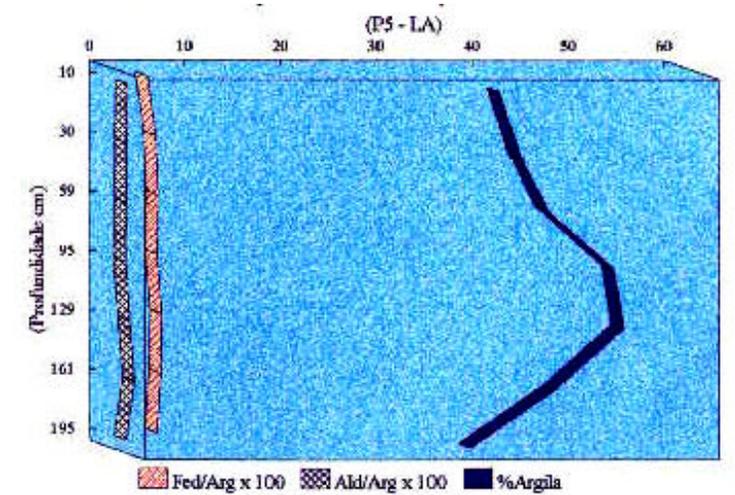
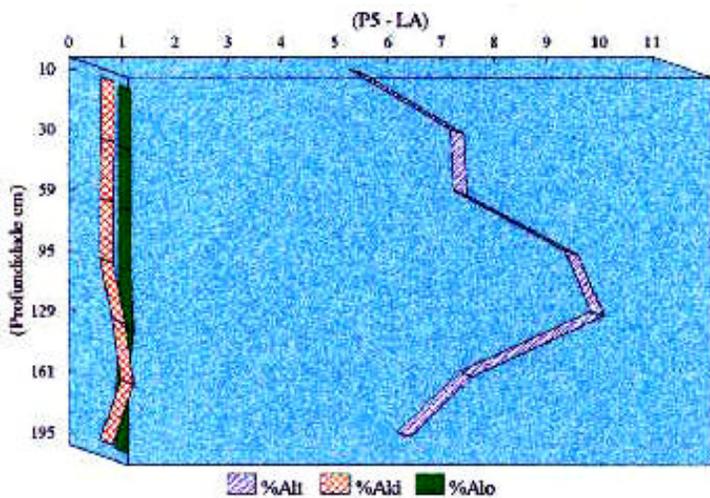


Gráfico 10 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P5.

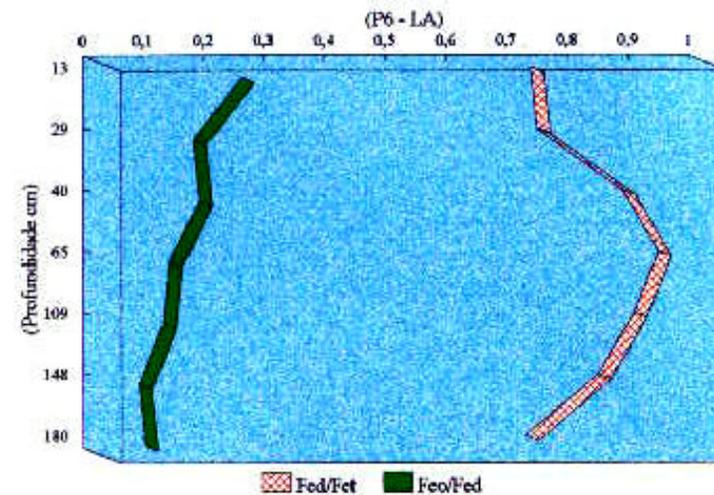
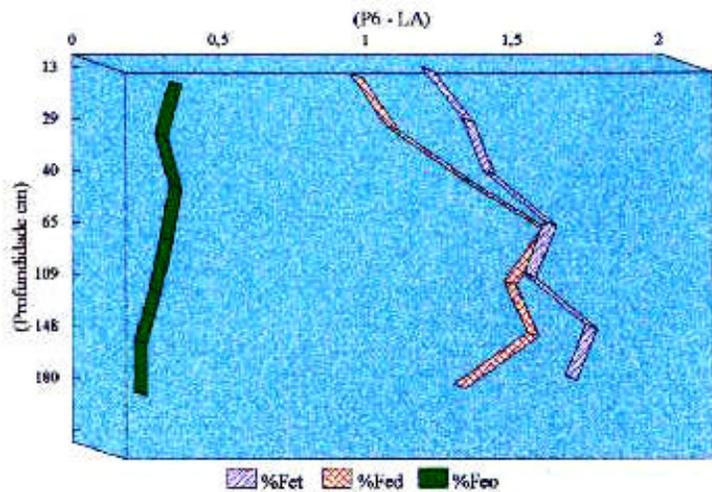


Gráfico 11 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P6.

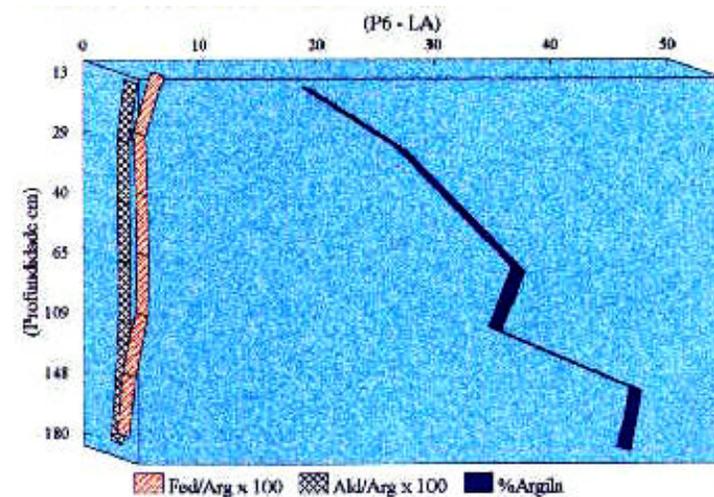
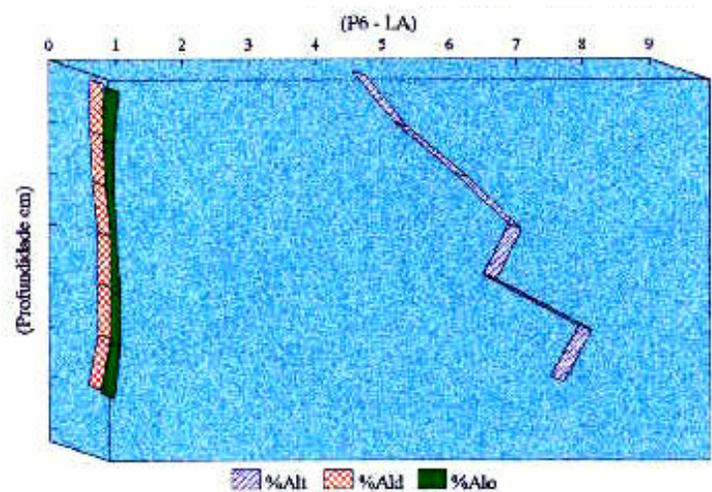


Gráfico 12 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P6.

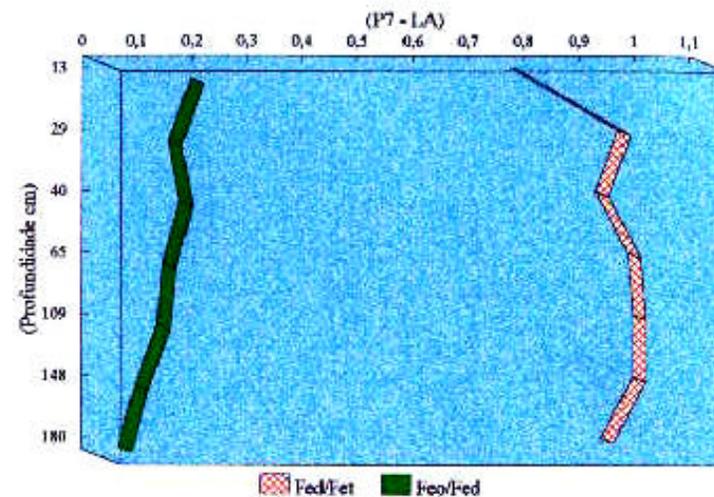
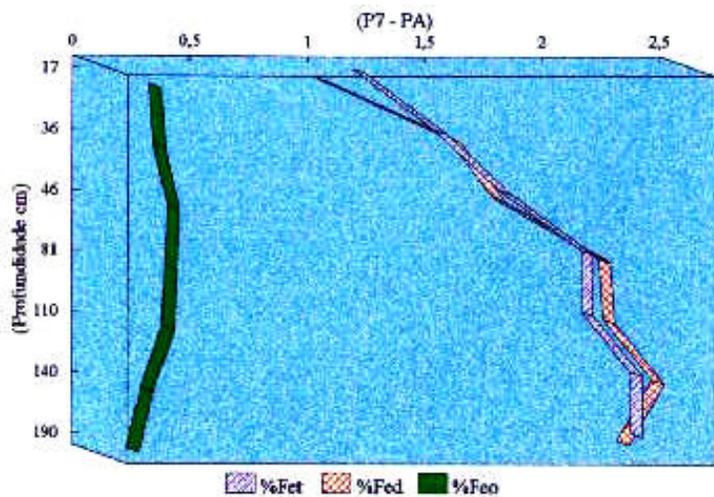


Gráfico 13 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P7.

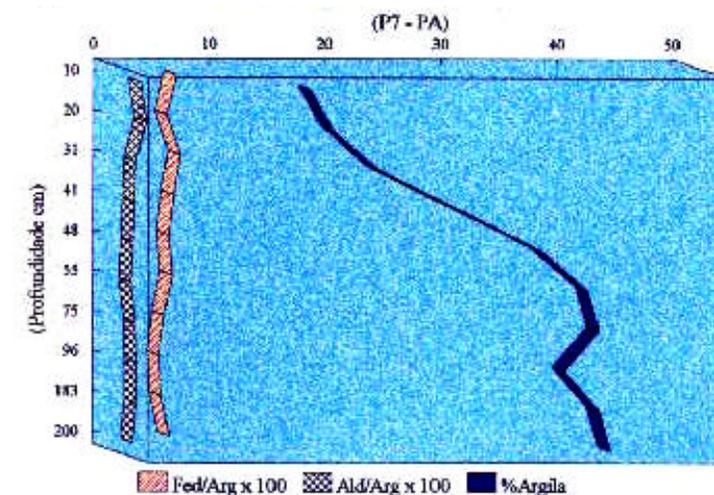
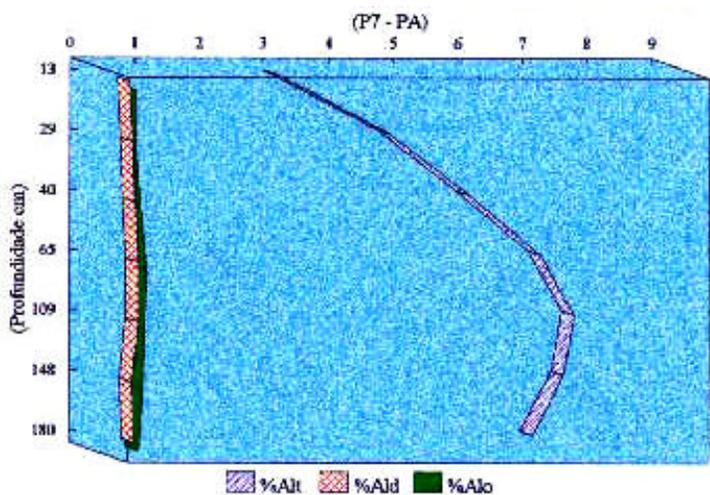


Gráfico 14 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P7.

Quanto à distribuição dos teores de Fed em profundidade (Gráficos 7, 9, 11 e 13), pode-se observar um aumento contínuo deste elemento, paralelo ao incremento no conteúdo de argila. A relação Fed/Argila (Gráficos 8, 10, 12 e 14), relativamente constante ao longo de todos os perfis, sugere a co-migração dos óxidos de ferro e de argila em profundidade. O mesmo comportamento é verificado para a relação Ald/Arg.

Para os perfis do Grupo II, no horizonte B, os valores da relação Fed/Fet variaram entre 0,91 e 1,00, indicando elevada proporção de ferro na forma de óxidos livres.

Os teores de Mnd e Mno apresentaram o mesmo comportamento observado para os solos do Grupo I, sendo os maiores valores encontrados nos horizontes superficiais e diminuindo em profundidade.

5.1.3 - Solos do Grupo III

O Grupo III compreende solos pouco evoluídos, seja pela cronologia recente ou devido às condições de drenagem impedida que limitam a percolação da água.

Granulometria

A composição granulométrica da fração terra fina dos horizontes dos perfis P8 e P9 (Tabela 6) indica grande heterogeneidade, tanto entre perfis, como entre os horizontes constituintes dos perfis. Segundo Duchafour (1984), citado por Ravelli Neto (1989), esta característica é comum em solos desenvolvidos em sedimentos aluviais. Entretanto, os perfis P10 e P11 não apresentam esta variação entre horizontes, que são sempre enquadrados nas

classes texturais argila ou muito argilosa (EMBRAPA/SNLCS, 1982). Provavelmente, devido a posição topográfica que ocupam, caracterizada pelas cotas mais baixas em relação a paisagem.

Os solos do Grupo III apresentam os maiores teores de silte, quando comparados aos demais. Esta característica resulta da alteração incompleta do material de origem e conseqüente menor maturidade genética dos perfis. A relação silte/argila (Tabela 6) varia de 0,16 (P11, Cg2) a 0,88 (P8, Bi2) e reflete a composição granulométrica do material parental mais que processos pedogenéticos.

Tabela 6 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo III.

| Perfil | Horizonte | Cor ⁽¹⁾ | Estrutura ⁽²⁾ | Granulometria | | Relação silte/argila |
|--------|-----------|------------------------------|---------------------------------------|---------------|-------|----------------------|
| | | | | Argila | Silte | |
| | | | |g/kg.... | | |
| P8 | Bi2 | 10YR 5/8 e mosq. 10YR 5/3 | mo a f mé, bsa * | 480 | 420 | 0,88 |
| P9 | Bi2 | 9YR 5/6 | mo mé pr comp, mo pe a mé bsa** | 460 | 330 | 0,72 |
| P10 | Cg2 | N 2/ e mosq. 2,5YR 4/6 | maciça | 790 | 190 | 0,24 |
| P11 | Cg2 | 2,5YR 3,5/0 | maciça | 690 | 110 | 0,16 |

⁽¹⁾ Cor úmida Munsell

⁽²⁾ Estrutura - Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos e Santos, 1982).

* moderada a fraca média blocos subangulares.

** moderada média prismática composta por moderada pequena a média blocos subangulares.

Os solos do Grupo III apresentam os maiores teores de silte, quando comparados aos demais. Esta característica resulta da alteração incompleta do material de origem e conseqüente menor maturidade genética dos perfis. A relação silte/argila (Tabela 6) varia de 0,16 (P11, Cg2) a 0,88 (P8, Bi2) e reflete a composição granulométrica do material parental mais que processos pedogenéticos.

Complexo sortivo e de meteorização

Os perfis do Grupo III apresentam os maiores níveis de soma de bases (Anexo 1). Estes valores estão diretamente relacionados com a localização dos perfis, em zona de captação de sedimentos e solutos, e também devido as condições de drenagem impedida, desfavorecendo a lixiviação de bases.

A CTC corrigida para kg de argila (Tabela 7), descontada a contribuição da matéria orgânica, varia entre 18,7 e 15,9 cmol_c/kg de argila, sendo os menores valores encontrados para o perfil P11. Para o perfil P10 não foi calculada a CTC da argila devido aos elevados teores de carbono orgânico nos horizontes subsuperficiais (Anexo 1).

Tabela 7 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo III.

| Perfil | Horizonte | Valor T | CTC Argila | ki | kr |
|--------|-----------|--------------------------------|----------------------------------|------|------|
| | | cmol_c/kg TFSE | cmol_c/kg argila | | |
| P8 | Bi2 | 11,1 | 18,7 | 2,10 | 1,72 |
| P9 | Bi2 | 9,8 | 15,9 | 2,24 | 1,77 |
| P10 | Cg2 | 50,5 | * | 1,57 | 1,49 |
| P11 | Cg2 | 9,7 | 11,2 | 1,72 | 1,59 |

* Valor de CTC argila não calculado.

Os perfis P8, P9 e P10, utilizando-se os critérios propostos por Ramos & Cunha (1985) para a atividade da argila, se enquadram como argila de atividade média (Tm) (CTC da fração argila entre 13 e 24 cmol_c/kg de argila). O perfil P11 é caracterizado como argila de atividade baixa (CTC da fração argila menor que 13 cmol_c/kg de argila).

O k_i para os horizontes diagnósticos subsuperficiais (Tabela 7) oscila entre 1,57 e 2,24, sendo que os maiores valores são observados nos perfis P8 e P9. Esta distribuição sugere um menor grau de intemperismo para estes perfis, quando comparados aos demais no Grupo III. Esta observação é confirmada pela mineralogia da fração argila, onde se identifica a ocorrência de micas e illita, minerais facilmente intemperizáveis. Os perfis P10 e P11 possuem, dentro deste grupo, os menores valores de k_i ; entretanto, como para a relação silte/argila, a relação molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ reflete apenas o material parental, que apresenta-se mais intemperizado quando comparado ao dos perfis P8 e P9.

Mineralogia da fração argila

De acordo com os difratogramas de raio-x, os solos deste grupo apresentam como principais espécies minerais na fração argila a caulinita, illita, mica, goethita, vermiculita com Al interlamelar (VHE), quartzo e gibbsita (Figuras 12 a 16).

A caulinita foi identificada pelos picos 0,719 e 0,357nm em amostras que receberam diferentes tratamentos, porém desaparecendo a evidência quando a lâmina foi saturada com K^+ e aquecida a 550°C. A mica foi reconhecida através do pico de 1,00nm, com baixa intensidade, independente do tratamento sofrido pela amostra. Segundo Barnhisel (1977), citado por Ravelli Neto (1989), um pequeno pico de 1,00nm em amostra saturada com magnésio, indica a presença de mica na amostra. A illita foi reconhecida nos perfis P8 e P9, pelo pico de 1,10nm.

O pico de 0,336nm, observado no perfil P11, é um indicativo da presença de quartzo, embora não tenham sido observados os outros pontos

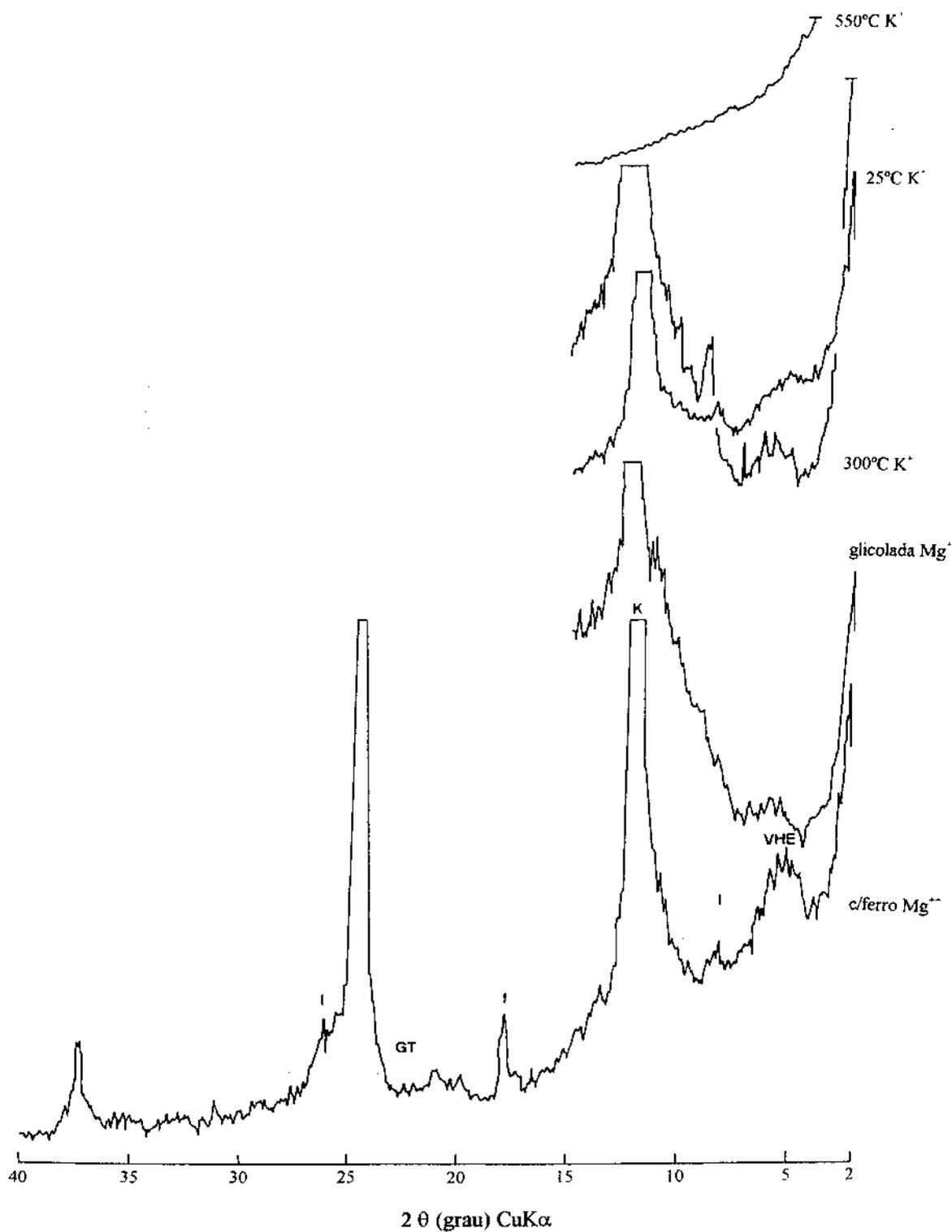


Figura 14- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bi2, perfil P8
 K - Caulinita, I - Ilita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

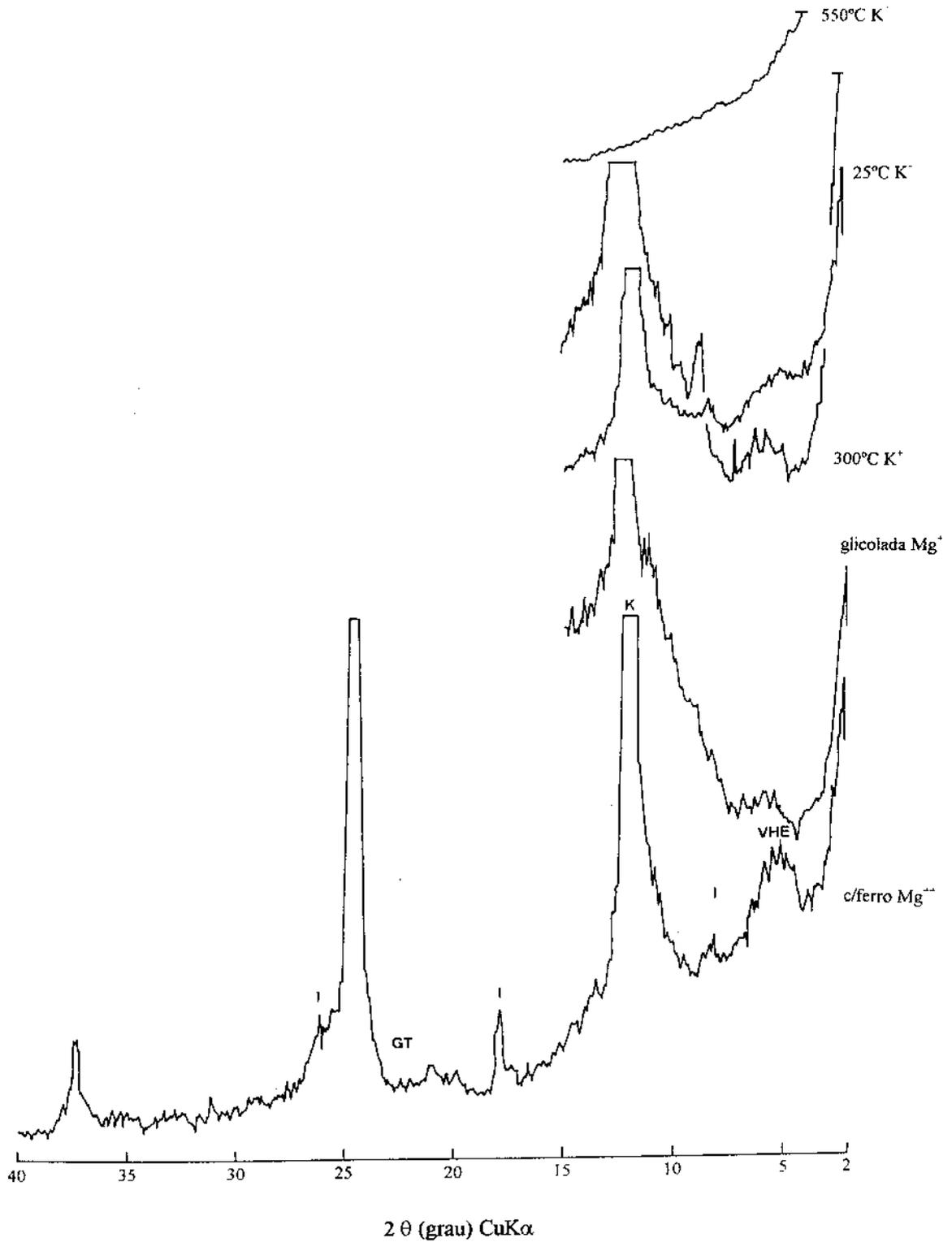


Figura 15- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bi2, perfil P9
 K - Caulinita, I - Ilita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

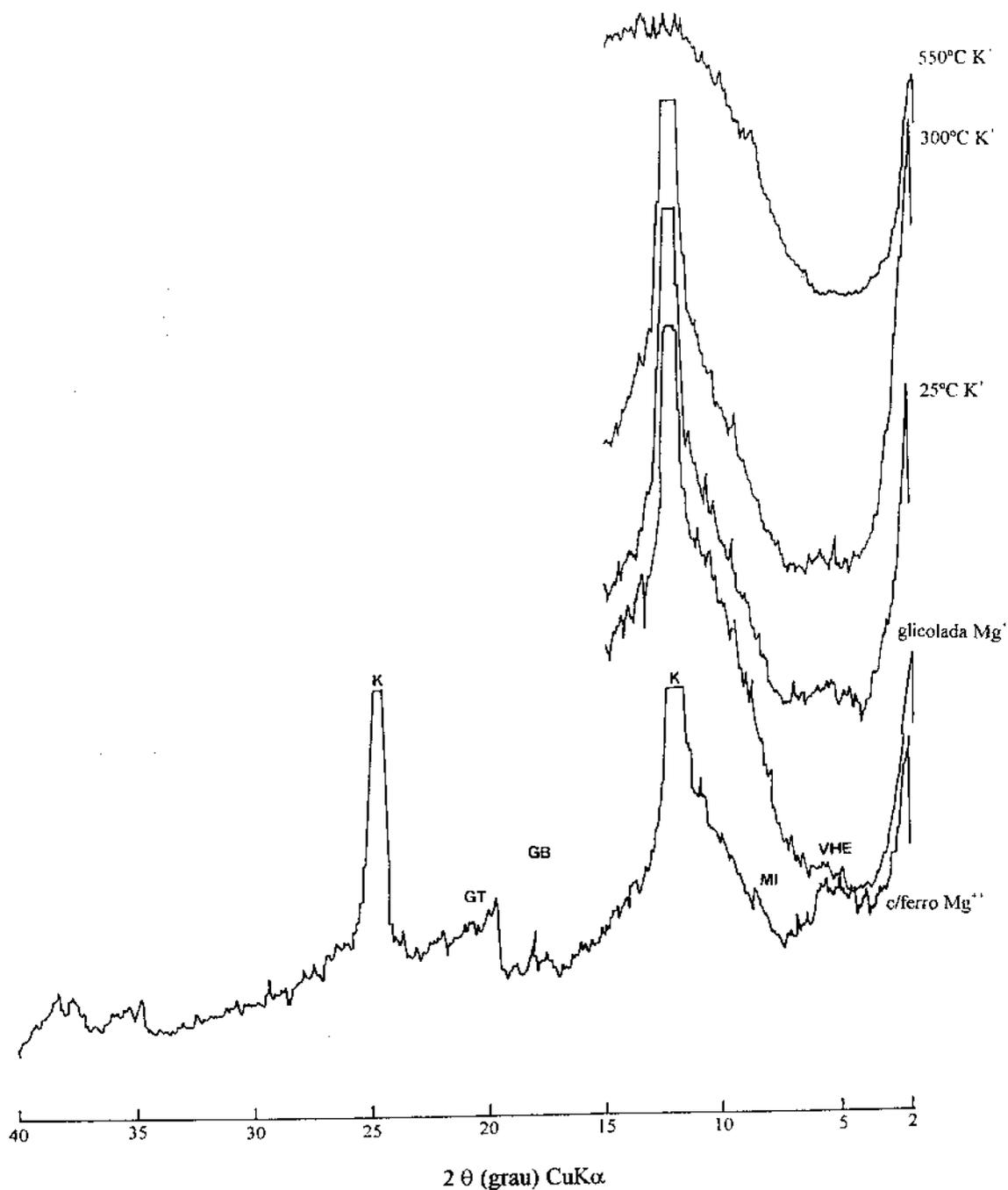


Figura 16- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Cg2, perfil P10
 K - Caulinita, MI - Mica, GB - Gibbsita, GT - Goethita e
 VHE - Vermiculita Al interlamelar

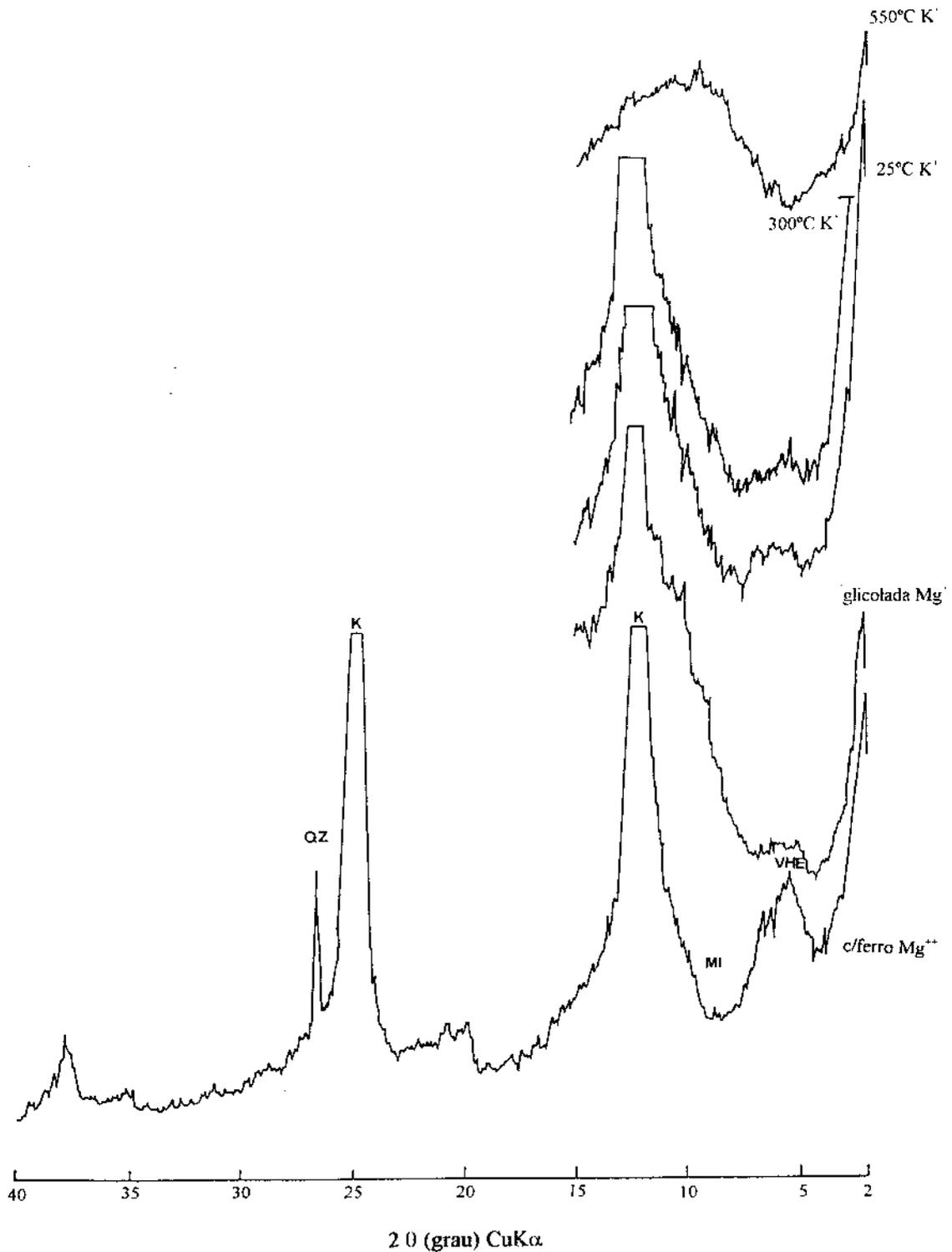


Figura 17- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Cg2, perfil P11
 K - Caulinita, MI - Mica, QZ - Quartzo, e VHE - Vermiculita Al interlamelar

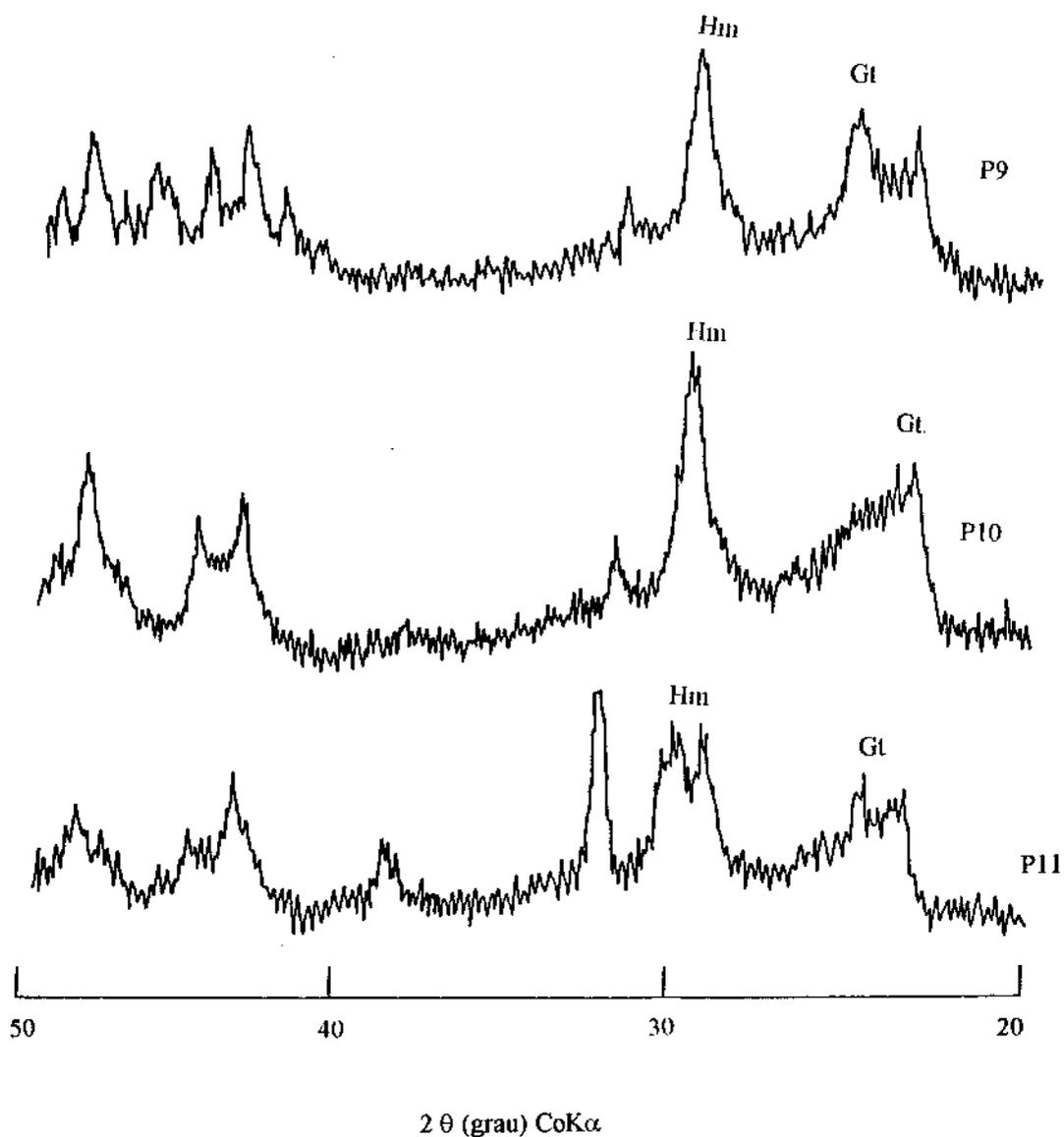


Figura 18- Difratoograma de raio-x da fração argila tratada com NaOH 5M, nos perfis P9, P10 e P11 - Hm - Hematita, Gt - Goethita

característicos. A gibbsita foi identificada pelos picos de 0,482nm e 0,487 nm. Na figura 16, pode ser verificada a presença de goethita, caracterizada pela difração de raio-x em 0,418 e 0,443nm. Apesar da classe de drenagem, imperfeita e muito mal drenada, não foi observada, nos solos do Grupo III, a presença de lepidocrocita.

Pode-se observar que os solos do Grupo III apresentam maior diversidade de minerais constituintes da fração argila, quando comparados aos demais. Esta característica deve-se principalmente a natureza sedimentar holocênica do material de origem destes solos. Os perfis P8, P9, P10 e P11, foram formados a partir de sedimentos aluviais; oriundos de materiais que possuem diferentes estágios de intemperização.

Distribuição e relações das formas extraíveis de Fe, Al e Mn

Os resultados obtidos estão apresentados no gráficos 15 a 22 e em tabelas no Anexo 2.

Dentro do Grupo III, os perfis P8 e P9 apresentam comportamento similar quanto a distribuição de ferro e alumínio em profundidade e diferem do verificado para os perfis P10 e P11 (Gráficos 15 a 22).

Os valores de Fet e Alt, nos perfis P8 e P9, tendem a permanecer constantes em profundidade, até o limite dos horizontes C, isto deve-se a variação na composição granulométrica destas camadas. A relação Fed/Fet, para os perfis P8 e P9, demonstra que a maior parte do ferro existente nestes solos encontra-se sob a forma de óxidos livres (Gráficos 15 a 18).

Para o perfil P10, a relação Fed/Fet (Gráfico 19) indica maiores valores nos horizontes superficiais decrescendo em profundidade. As condições de

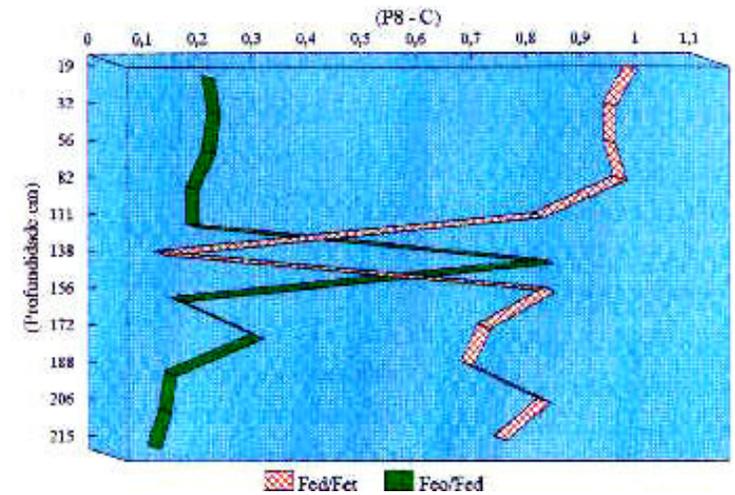
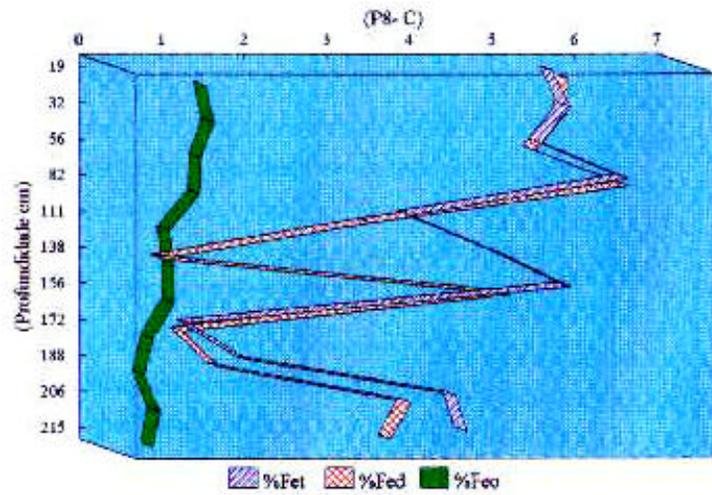


Gráfico 15 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P8.

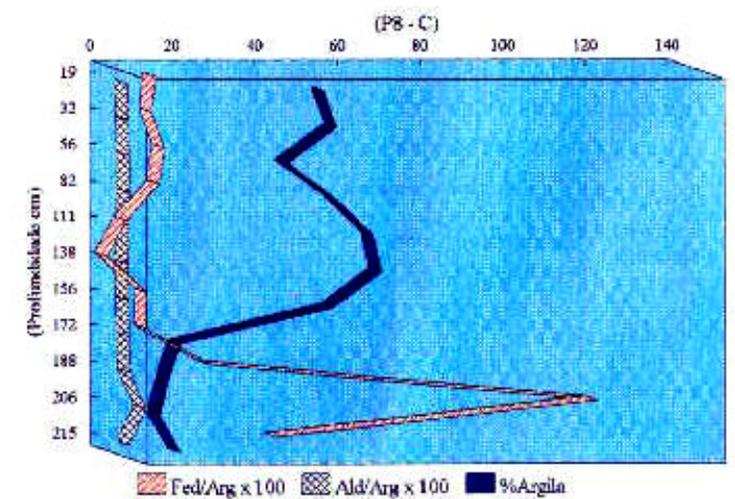
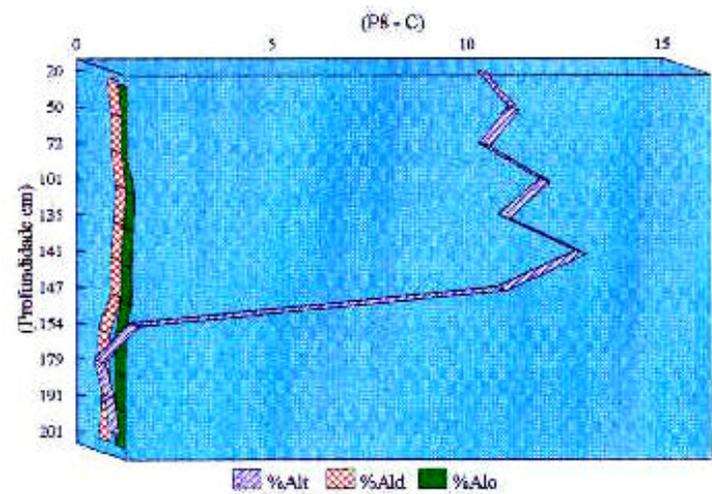


Gráfico 16 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P8.

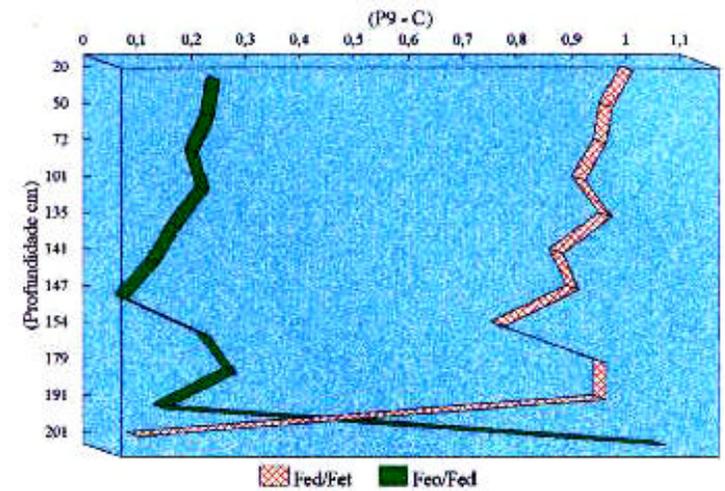
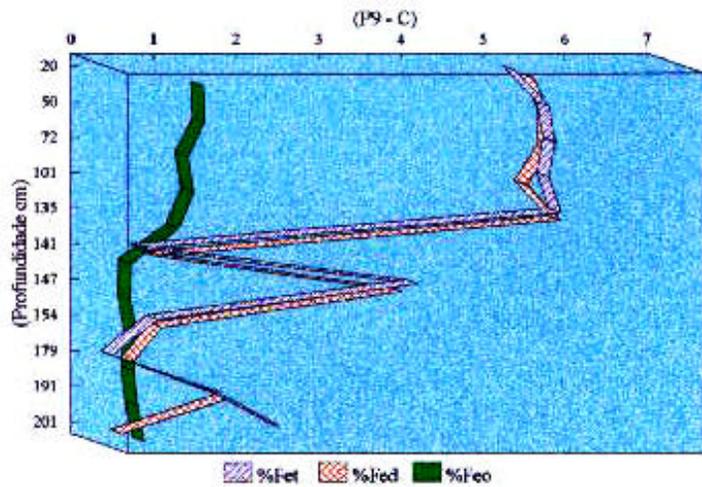


Gráfico 17 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P9.

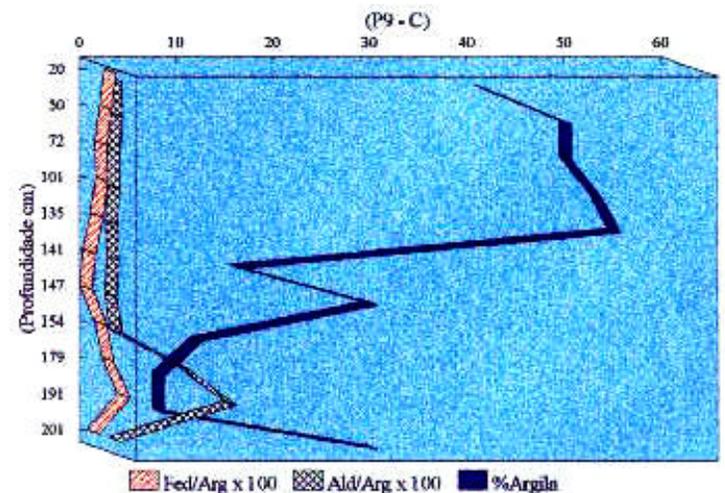
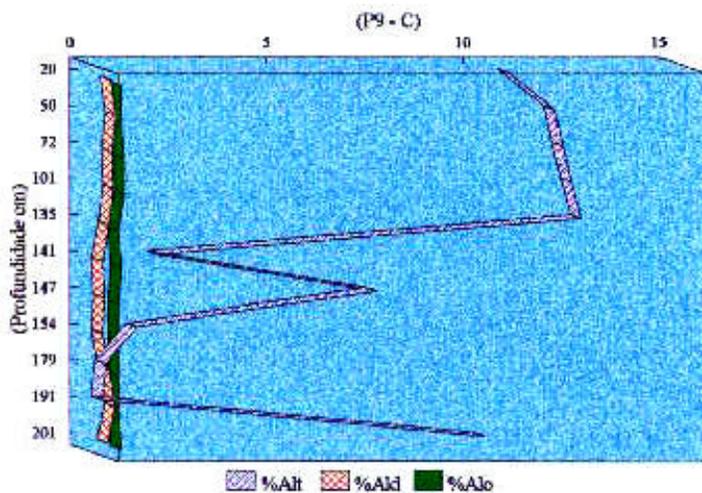


Gráfico 18 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P9.

drenagem restrita impõem um ambiente desfavorável à formação dos óxidos de ferro e o íon ferro presente no sistema, sob a forma de Fe^{+2} , pode ser perdido através de migração em solução. O perfil P11 (Gráfico 21) apresenta comportamento similar, até o limite do horizonte Cg3, neste, verifica-se aumento da relação Fed/Fet, o que pode ser explicado pela precipitação do ferro sob forma de óxido livre em micro ambientes de melhor oxidação, indicados pela morfologia com presença de mosqueados de cor bruno-forte (7,5YR 5/6).

A relação Feo/Fed (Gráficos 15 e 17), para os horizontes dos perfis P8 e P9 é baixa, aumentando no horizonte C, indicando que os óxidos apresentam um elevado grau de cristalinidade. Para os perfis P10 e P11, Feo/Fed varia entre 0,30 e 0,86, sugerindo o predomínio de formas pouco cristalinas dos compostos férricos. Estes valores decorrem das condições de drenagem impedida que, propiciando maior acúmulo de matéria orgânica (11,7 % de Carbono Orgânico em Cg2, perfil P11) e ambiente redutor, favorecem a precipitação das formas menos cristalinas dos óxidos de ferro ou sua permanência em solução.

Diferindo do comportamento verificado para o ferro, os valores de Ald e Alo nos perfis P8 e P9 (Gráficos 16 e 18), excluindo os horizontes C, tendem a apresentar maiores teores no horizonte B. Para os perfis P10 e P11 observa-se a redução dos teores de Ald e Alo com o aumento de profundidade.

A relação Fed/Arg para o perfil P8 (excluindo os horizontes C), demonstra estar havendo co-migração de ferro e argila (Gráfico 16). No perfil P9 a relação Fed/Arg mantém-se constante até o horizonte Bi2 (Gráfico 18), reduzindo de valor nos horizontes Bi3 e Bi4 e voltando a aumentar no

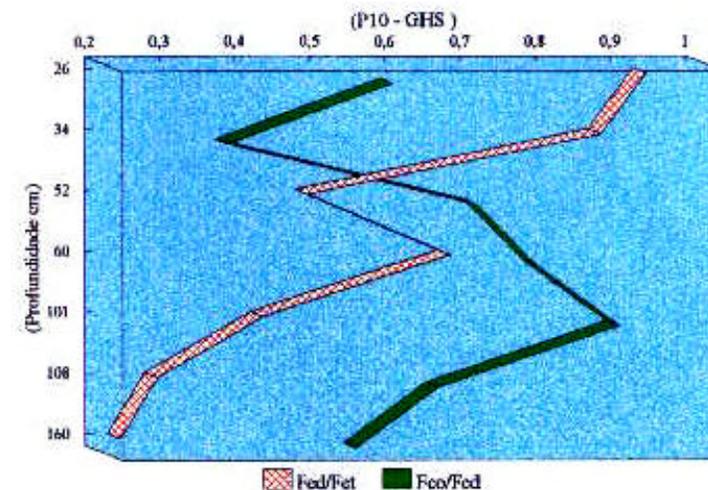
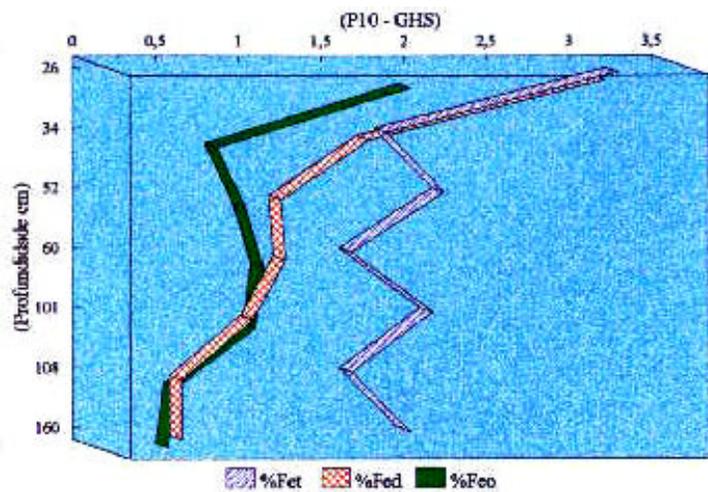


Gráfico 19 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P10.

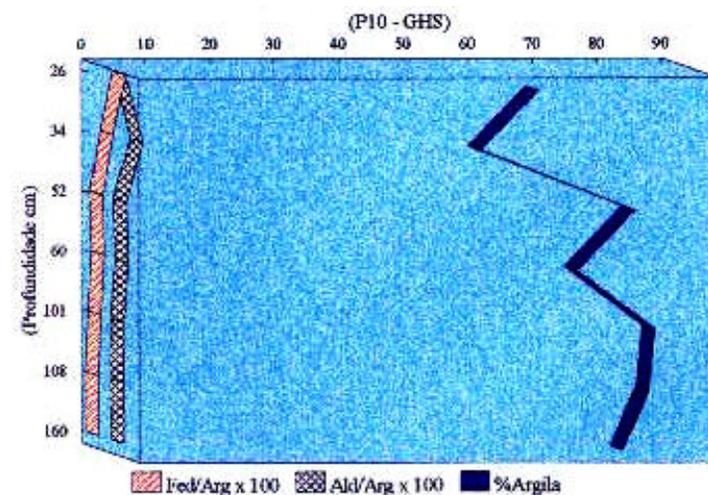
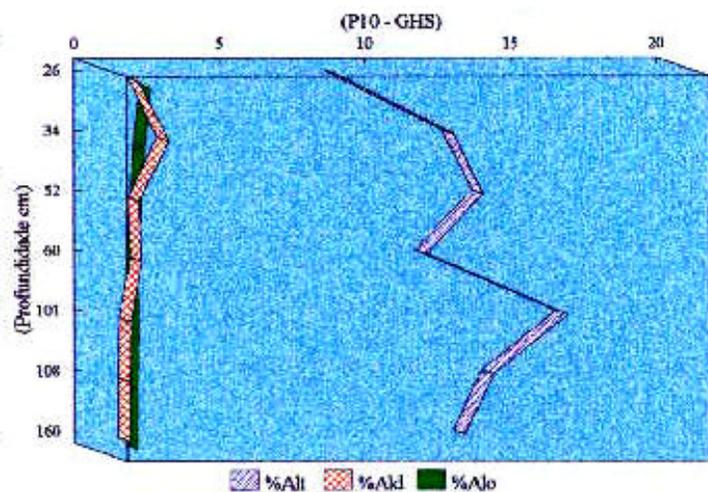


Gráfico 20 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P10.

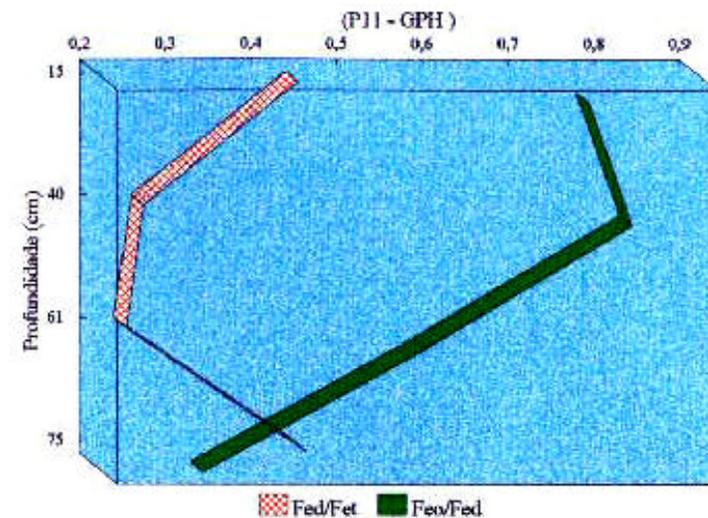
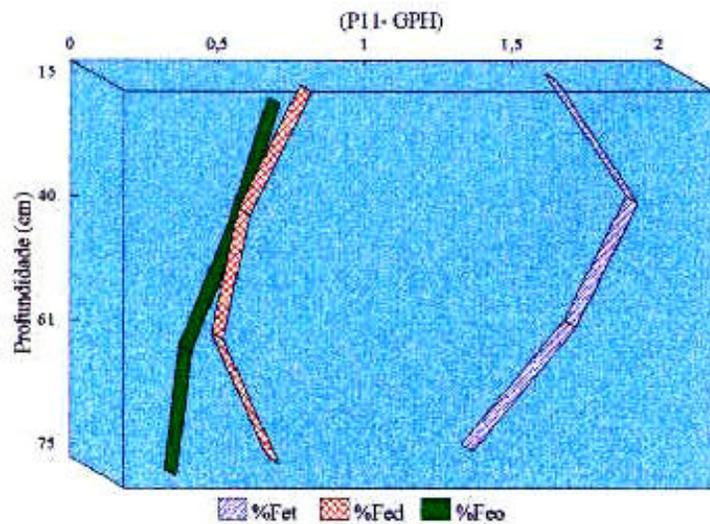


Gráfico 21 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P11.

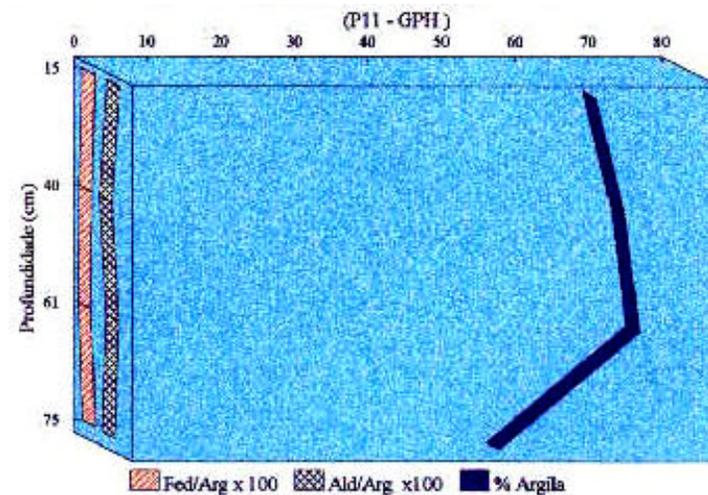
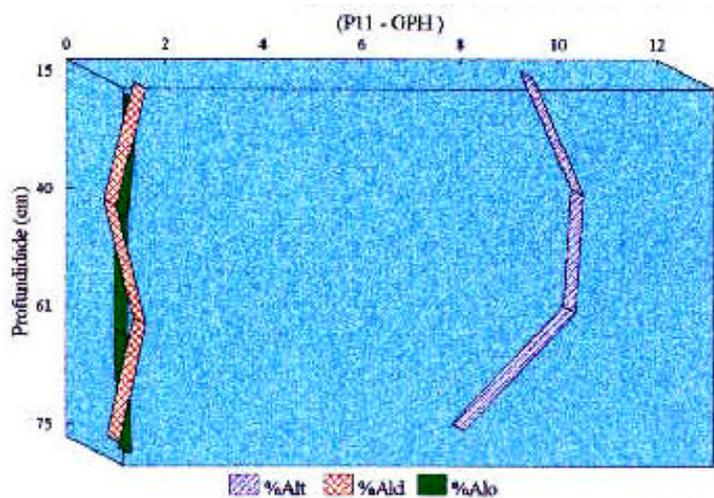


Gráfico 22 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P11.

horizonte Bi5, indicando estar havendo migração do ferro independente da fração argila, com acúmulo deste elemento no último horizonte.

Os perfis P10 e P11 apresentam comportamento diferenciado para a relação Fed/Arg. No perfil P10 (Gráfico 20) verifica-se um decréscimo em profundidade, possivelmente devido a migração do íon ferro independente da fração argila, devida a solubilização do ferro da forma cristalina. Para o perfil P11 (Gráfico 22), também observa-se a redução de Fed/Arg em profundidade, porém ocorre ligeiro aumento no horizonte Cg3, indicando a precipitação de ferro sob a forma de óxidos de baixa cristalinidade em micro ambientes mais oxidados. A relação Ald/Arg, para os perfis P8, P10 e P11, tende a diminuir em profundidade; o contrário ocorre no perfil P9.

Quanto aos valores de Mnd e Mno (Anexo 2), estes apresentam-se baixos, com ligeiro incremento apenas nos horizontes superficiais. Para todos os perfis do Grupo III, os teores de Mno tendem a diminuir em profundidade; enquanto que para o Mnd, observa-se nos perfis P8, P9 e P10 acúmulo nos horizontes subsuperficiais (P8 - Bi3, C2 e C5; P9 - Bi3, Bi4 e Bi5; e P10 - C3, Cg1 e Cg2). No perfil P11, a redução dos teores de Mnd em profundidade sugere a perda deste elemento para a solução do solo ou lençol freático.

5.1.4 - Solos do Grupo IV

Os perfis de solo do grupo IV apresentam diferenças quanto a origem dos sedimentos, posição topográfica e classe de drenagem.

Os perfis P12 e P13 desenvolveram-se a partir de sedimentos de natureza argilo-arenosa, com a contribuição do regolito do embasamento

cristalino; já os perfis P14 e P15 formaram-se a partir de cobertura sedimentar coluvial e colúvio/aluvial, respectivamente.

As posições topográficas em que os perfis de solo situam-se são: topo (P13), terço médio (P12 e P14) e terço inferior de encosta (P15). Quanto a drenagem os perfis P12, P13 e P14 apresentam boa drenagem e o perfil P15 é imperfeitamente drenado.

Granulometria

Todos os perfis deste grupo apresentam grande contribuição da fração areia nos horizontes superficiais (Anexo 1). Os teores de argila, entretanto, tendem a aumentar em profundidade, alcançando seu valor máximo no horizonte Bt, com a curva típica de distribuição de argila dos solos Podzólicos. Os teores de silte tendem a diminuir em profundidade para os perfis P14 e P15, característica esta concordante com a natureza do material de origem, cobertura sedimentar pré-intemperizada de origem coluvial (Silva, 1993).

Nos perfis do Grupo IV, o aumento do teor de argila em profundidade caracteriza o horizonte diagnóstico subsuperficial B textural nos perfis P12, P13 e P14 e, no perfil P15, a presença adicional do horizonte E.

A relação silte/argila apresentou valores extremamente baixos, quando comparada aos demais grupos de solos (Tabela 8), destacando-se o perfil P15 (silte/argila igual a zero). Estes valores demonstram o grau acentuado de alteração do material que compõem a cobertura sedimentar que recobre o embasamento cristalino.

Tabela 8 - Algumas características morfológicas e físicas de horizontes diagnósticos subsuperficiais no Grupo IV.

| Perfil | Horizonte | Cor ⁽¹⁾ | Estrutura ⁽²⁾ | Granulometria | | Relação silte/argila |
|--------|-----------|--------------------|---|---------------|-------|----------------------|
| | | | | Argila | Silte | |
| | | | |g/kg.... | | |
| P12 | Bt2 | 7,5YR 5/6 | mo m pe ba e bsa e mo u pe e m pe gr* | 550 | 60 | 0,11 |
| P13 | Bt2 | 5YR 5/8 | mo m.pe e pe ba e bsa e mo u pe gr** | 580 | 60 | 0,10 |
| P14 | Bt2 | 10YR 6/8 | c mo pe e me ba*** | 540 | 60 | 0,11 |
| P15 | Bt2 | 10YR 5/1 | p po mo**** | 420 | 0 | 0,00 |

⁽¹⁾ Cor úmida Munsell

⁽²⁾ Estrutura - Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos e Santos, 1982).

* moderada muito pequena blocos angulares e subangulares e moderada ultra pequena e muito pequena granular.

** moderada muito pequena e pequena blocos angulares e subangulares e moderada ultra pequena e muito pequena granular

*** coeso moderada pequena e média blocos angulares

**** padrão poligonal moderadamente desenvolvido.

Quanto a estrutura dos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Tabela 8), os perfis P12 e P13 apresentam agregados do tipo blocos angulares, associados a pedis de tamanho pequeno e forma granular. Dentro do Grupo IV, estes perfis apresentam-se mais evoluídos geneticamente quando comparados aos demais. Os perfis P14 e P15 possuem estrutura com agregação, porém com pequeno grau de desenvolvimento das unidades estruturais (P14 - aspecto coeso, moderada pequena e média blocos angulares, e P15 - padrão poligonal moderadamente desenvolvido), provavelmente, devido a menor intensidade de pedogênese destes perfis.

Complexo sortivo e de meteorização

Os perfis apresentam-se dessaturados, com valores de soma de bases (S) variando de 0,5 a 2,2 cmol_c/kg TFSE, nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Anexo 1). De maneira geral, os íons H⁺ e Al³⁺ são os dominantes no complexo sortivo desses solos. Os perfis P12, P14 e P15 apresentam saturação por alumínio maior que 50%, conferindo-lhes o caráter álico. O perfil P13, com saturação por bases inferior a 50%, tem caráter distrófico (V% < 50).

Tabela 9 - Algumas características químicas dos horizontes subsuperficiais de perfis do Grupo IV.

| Perfil | Horizonte | Valor T | CTC Argila | ki | kr |
|--------|-----------|----------------------------|------------------------------|------|------|
| | | cmol _c /kg TFSE | cmol _c /kg argila | | |
| P12 | Bt2 | 4,5 | 4,6 | 1,46 | 1,25 |
| P13 | Bt2 | 5,5 | 7,0 | 1,81 | 1,60 |
| P14 | Bt2 | 4,4 | 5,3 | 1,72 | 1,21 |
| P15 | Bt2 | 4,6 | 9,4 | 1,73 | 1,52 |

Os valores da CTC/kg argila (Tabela 9), descontada a contribuição do carbono orgânico variam de 7,0 a 9,4 cmol_c/kg. Todos os valores de CTC da fração argila são inferiores a 24 cmol_c/kg, caracterizando os solos como de argila de atividade baixa.

Os perfis P13, P14 e P15 apresentam índice ki (Tabela 9) compatível com o domínio de minerais do grupo da caulinita e, em menor quantidade, gibbsita, o que é confirmado pela análise mineralógica da fração argila.

O perfil P12 apresenta índice k_i inferior a 1,5 nos horizontes associados à cobertura sedimentar, e nos originados a partir do embasamento cristalino o valor é de 1,7, indicando variação no grau de intemperização do solo e material originário. Duarte (1992) constatou que os baixos valores de k_i obtidos para este perfil refletem a mineralogia da fração argila, onde foi identificado o mineral gibbsita em todos os horizontes.

Mineralogia da fração argila

A análise mineralógica da fração argila (Figuras 17 a 21) revelou a presença de caulinita, vermiculita com Al interlamelar, illita, goethita e gibbsita.

A caulinita foi identificada pelos picos principais, 0,72nm e 0,35nm, mantendo estes valores após os tratamentos de saturação com Mg e solvatação com etileno glicol, saturação com K e aquecimentos a 300°C, desaparecendo após aquecimento a 550°C. De acordo com Duarte (1992) este mineral apresenta boa cristalinidade, evidenciada pela expressão dos picos de alta intensidade.

A illita foi identificada por picos de 1,00nm e, algumas vezes, de 0,33nm, além de picos de pequena intensidade bem definidos.

A vermiculita com Al interlamelar foi identificada por picos na faixa entre 1,40nm e 1,60nm. Este mineral não apresentou expansão quando as amostras foram saturadas com etileno glicol. A saturação com potássio e os subsequentes aquecimentos resultaram numa redução gradativa dos espaçamentos, até o valor constante de 1,00nm quando a amostra foi aquecida a 550°C.

A gibbsita aparece apenas com o seu pico principal de 0,48nm. Segundo Jackson (1956), citado por Duarte (1992), a ausência do pico secundário

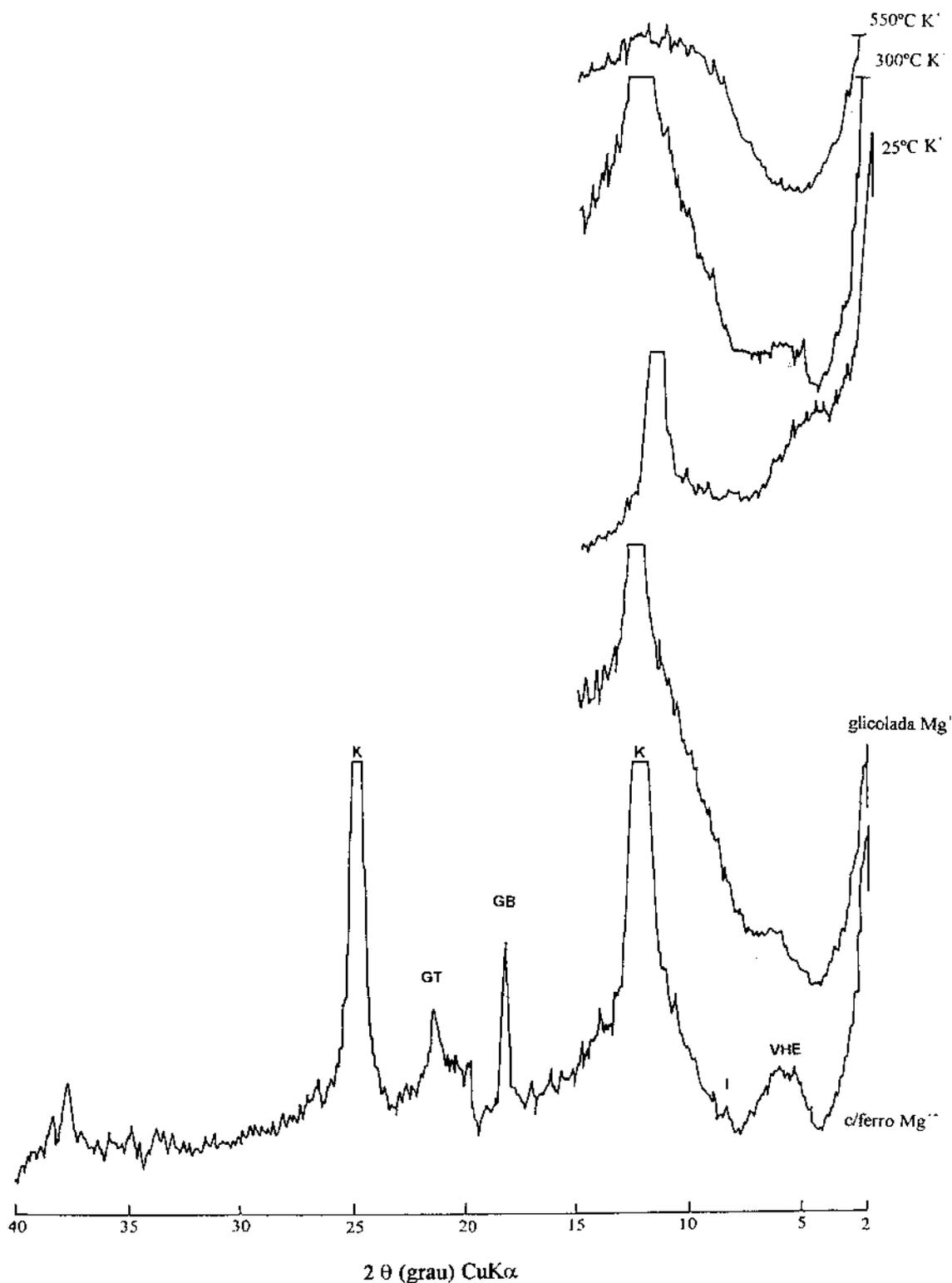


Figura 19- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P12
 K - Caulinita, I - Ilita, GB - Gibbsita, GT - Goethita
 e VHE - Vermiculita Al interlamelar

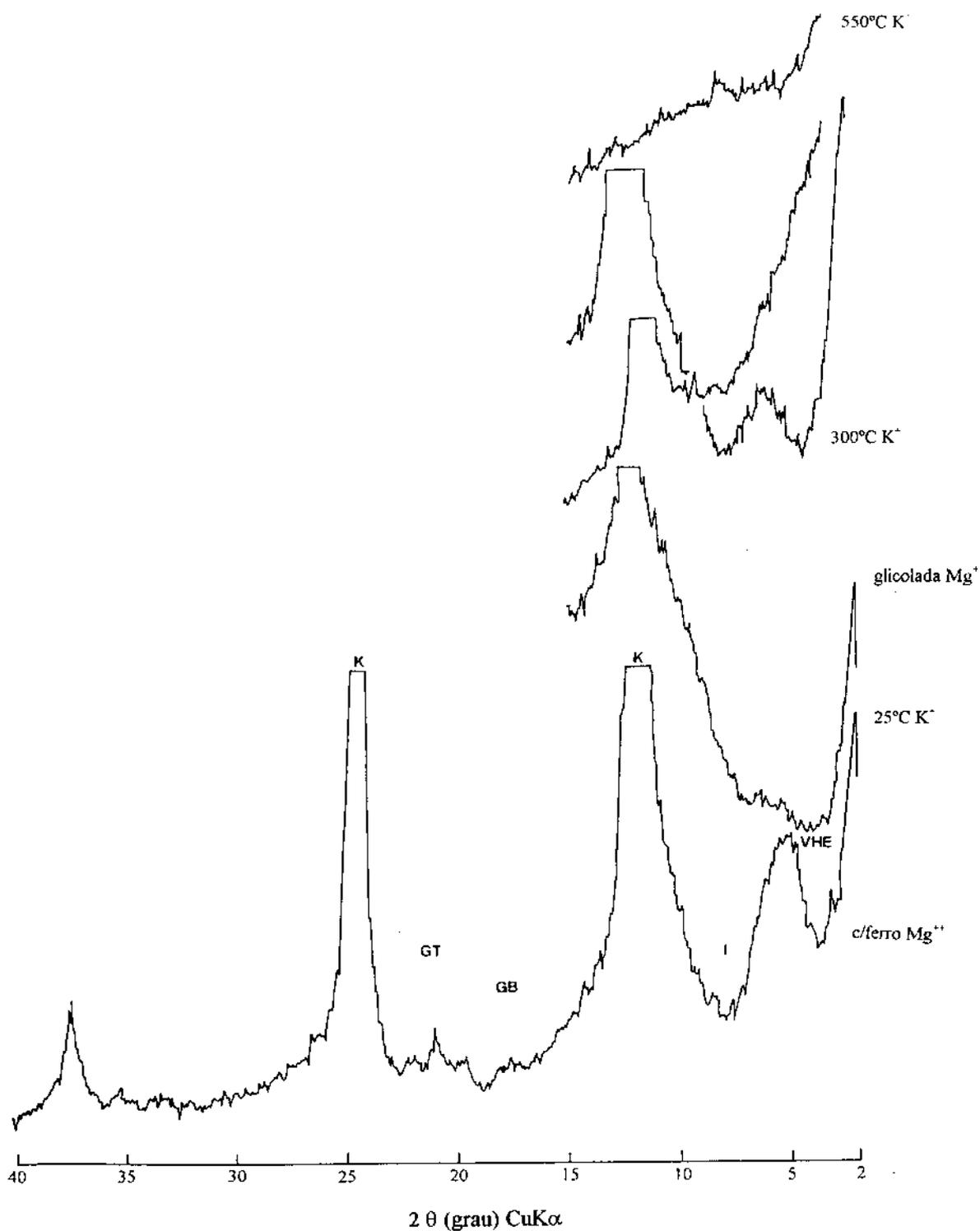


Figura 20- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P13
 K - Caulinita, GB - Gibbsita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

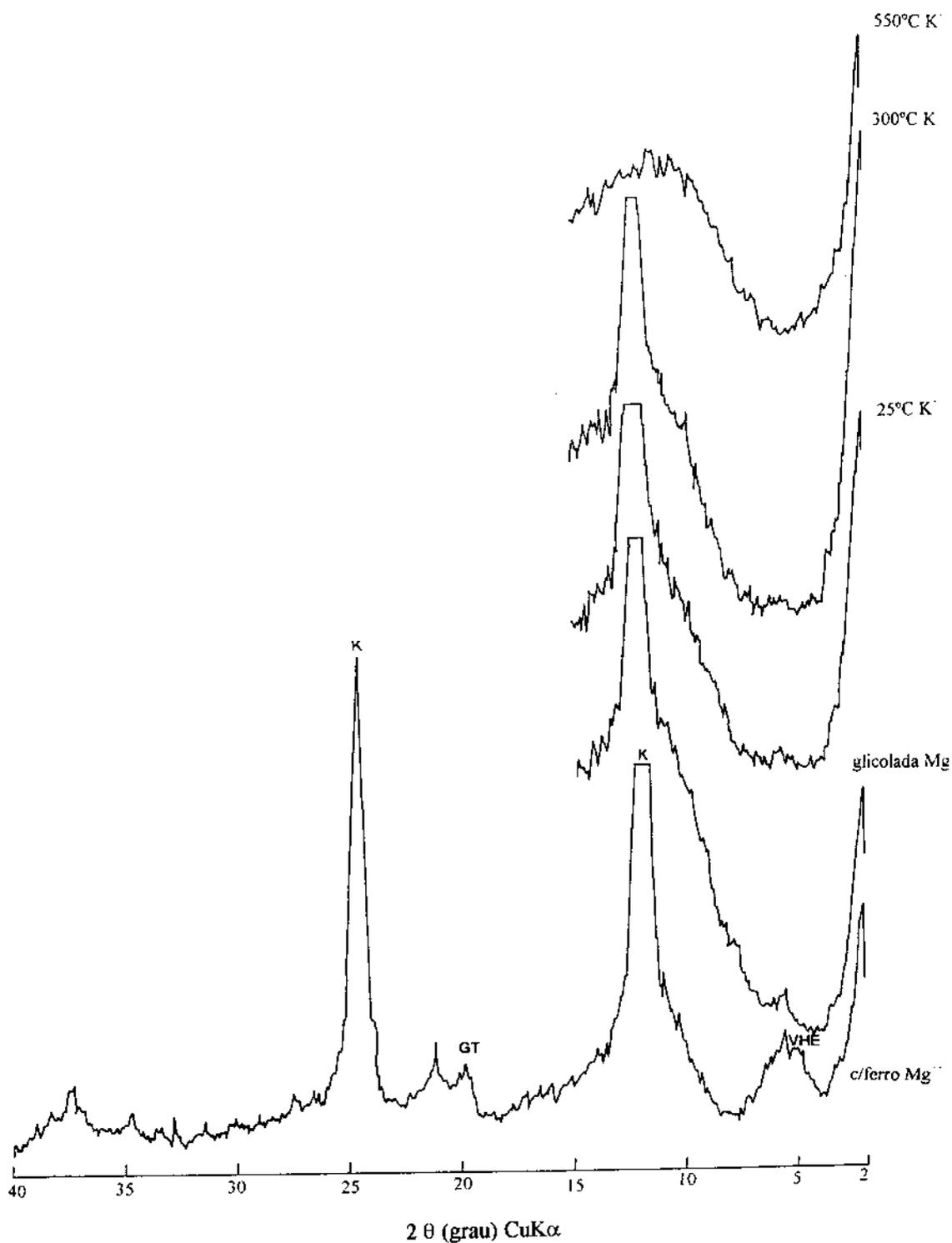


Figura 21- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P14
K - Caulinita, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

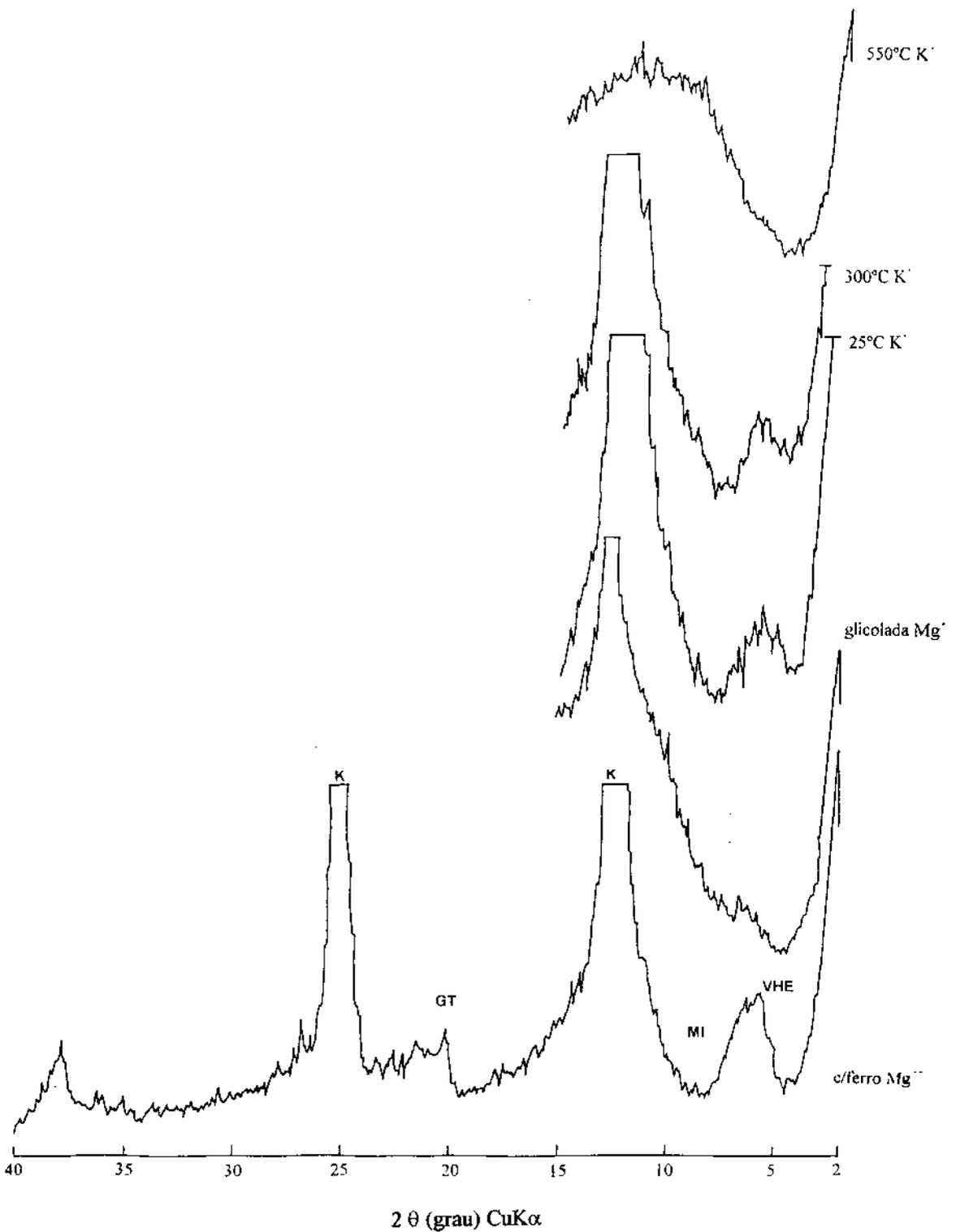


Figura 22- Difratoograma de raio-x da fração argila do horizonte Bt2, perfil P15
 K - Caulinita, MI - Mica, GT - Goethita e VHE - Vermiculita Al interlamelar

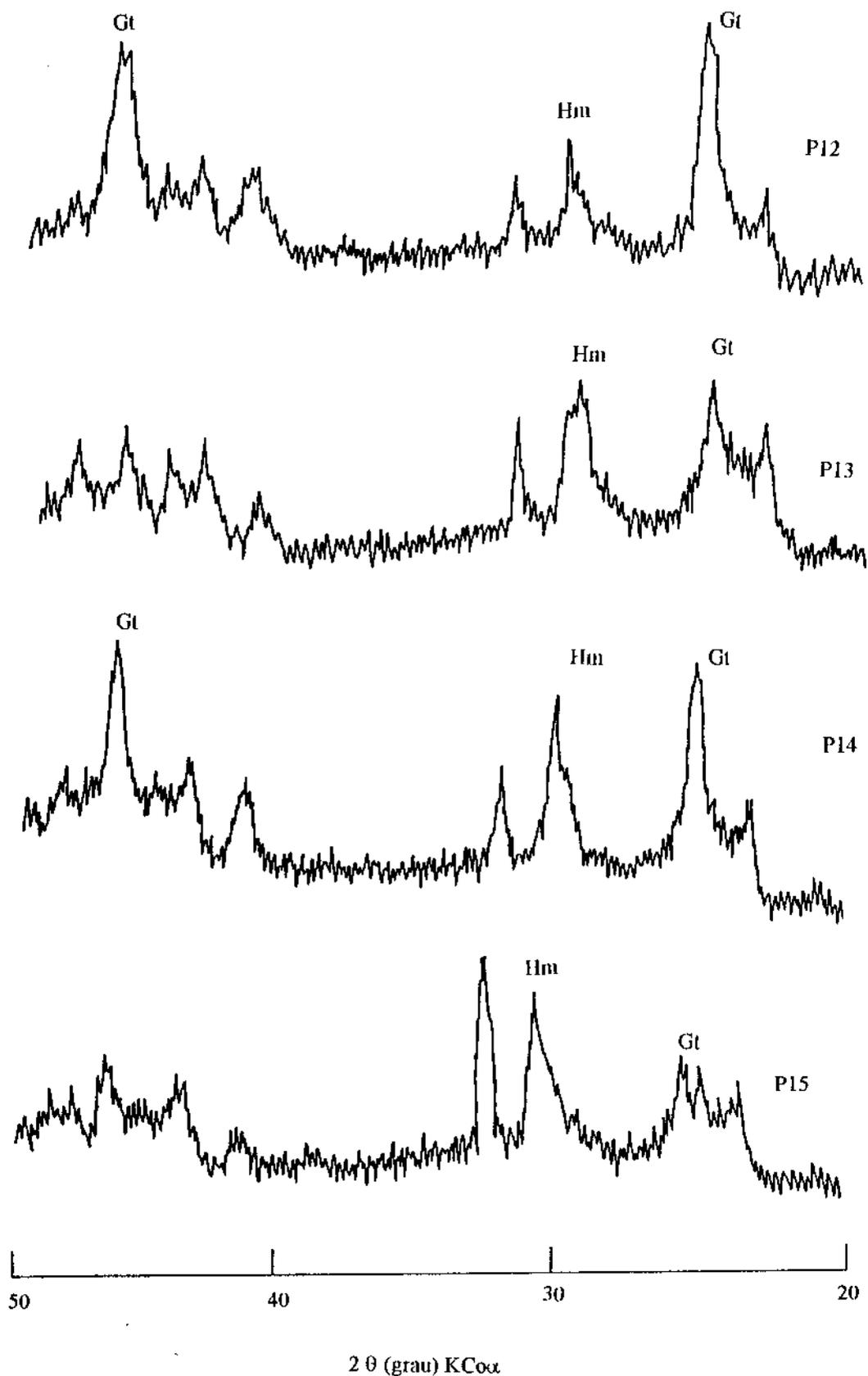


Figura 23- Difratoograma de raio-x da fração argila tratada com NaOH 5M, nos perfis P12, P13, P14 e P15 - Hm - Hematita e Gt- Goethita

significa um menor grau de cristalinidade do mineral. A goethita foi identificada nas amostras sem eliminação do ferro pelo seu pico de 0,410nm (Figura 21).

Distribuição e relações das formas extraíveis de Fe, Al e Mn

Os resultados obtidos estão apresentados nos gráficos 23 a 30 e em tabelas no Anexo 2.

Para todos os perfis do Grupo IV pode-se observar aumento nos teores de Fet e Alt em profundidade, acompanhando a distribuição do teor de argila (Gráficos 23, 25, 27 e 29). Quanto aos teores de Fed e Ald, observa-se a mesma variação em profundidade para os perfis P12, P13 e P14, sugerindo a co-migração das formas extraíveis de Fe e Al em conjunto com a fração argila. Os maiores valores de Feo para os horizontes superficiais (Gráficos 23, 25 e 27) são encontrados nos perfis P12, P13 e P14, que possuem maiores teores de carbono orgânico (Anexo 1).

A relação Fed/Fet apresenta valores elevados (sempre superiores a 0,81) para os horizontes originados a partir da cobertura sedimentar, indicando que a maior parte do ferro existente nestes encontra-se sob a forma de ferro livre. Para o perfil P12 observa-se que a relação Fed/Fet tende a diminuir nos os horizontes BC e 2C (Anexo 2). Esta redução é provavelmente devido a contribuição do embasamento cristalino no fornecimento de minerais primários potencialmente intemperizáveis.

A relação Feo/Fed (Gráficos 23, 25, 27 e 29) alcança seus maiores valores nos horizontes superficiais, diminuindo ao longo do perfil. Os baixos valores desta relação em profundidade indicam o elevado grau de cristalinidade dos óxidos de ferro nos horizontes subsuperficiais.

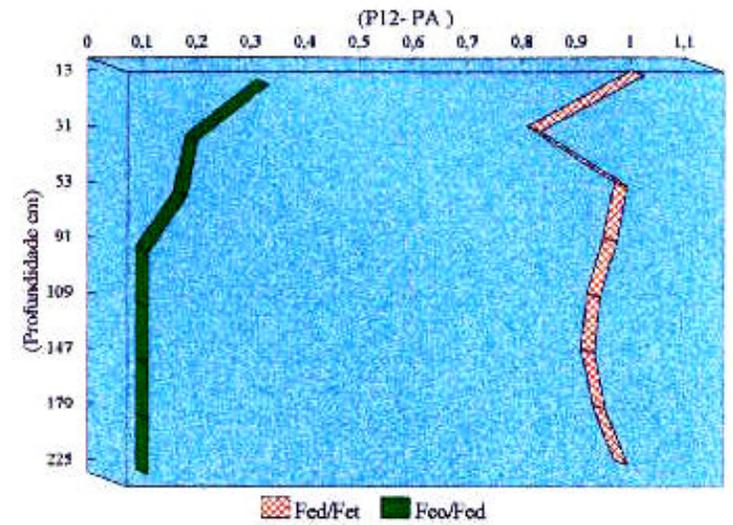
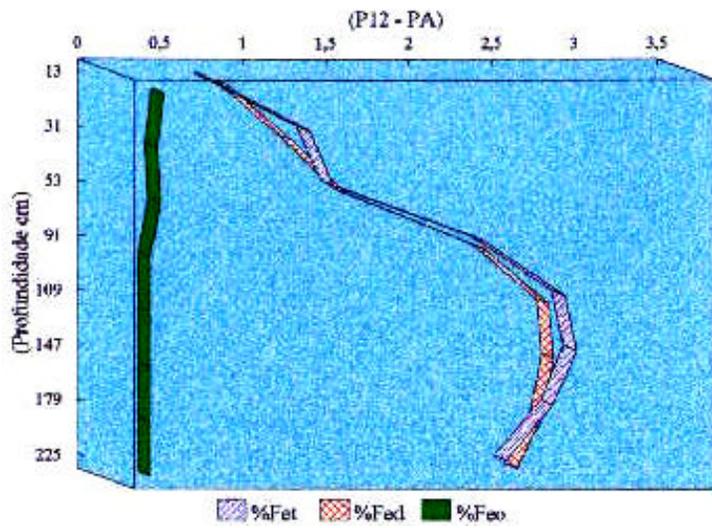


Gráfico 23 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P12.

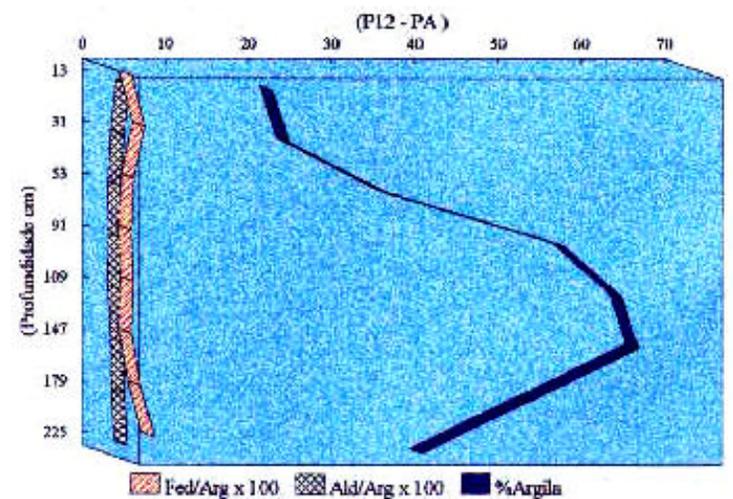
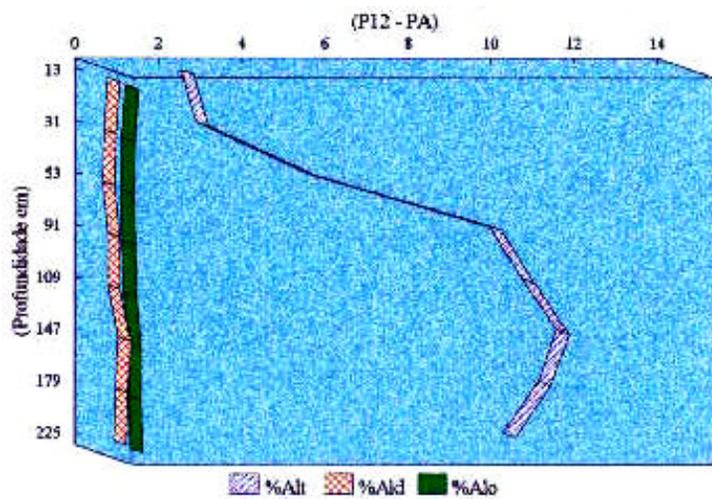


Gráfico 24 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P12.

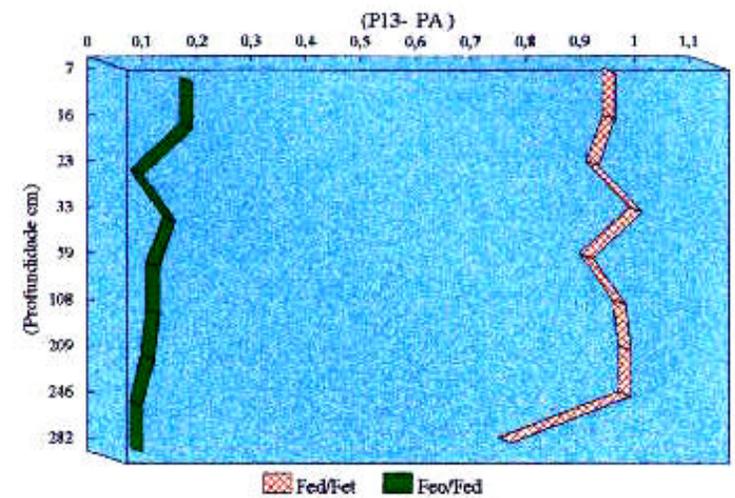
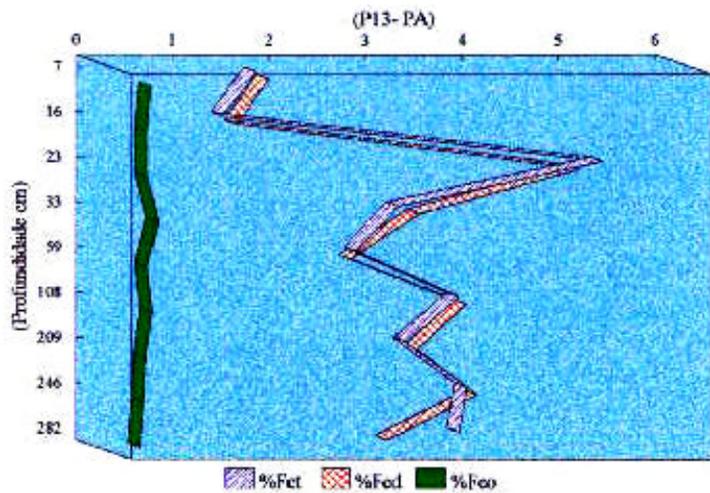


Gráfico 25 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P13.

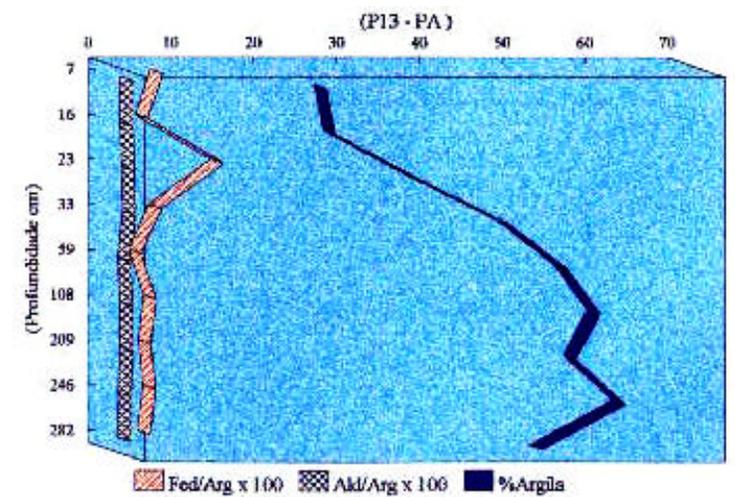
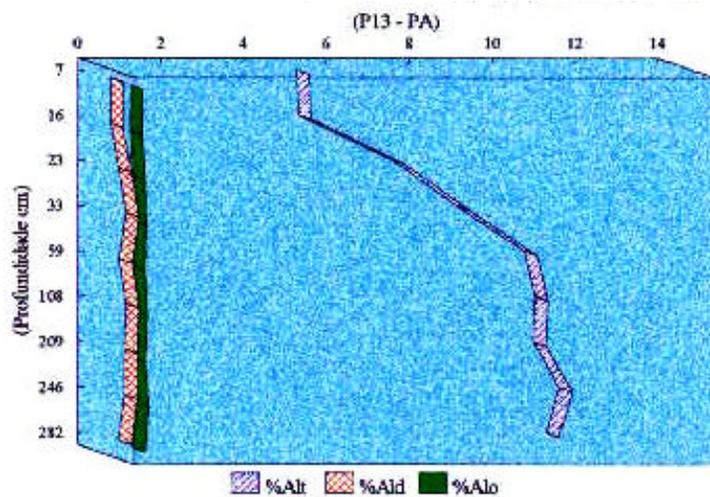


Gráfico 26 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P13.

Os teores de Ald (Gráficos 24, 26, 28 e 30) apresentam uma tendência de aumento em profundidade, comportamento este similar ao do Alt. Para o Alo, os perfis do Grupo IV possuem diferentes distribuições em profundidade. Para os perfis P13 e P15, pode-se verificar aumento dos teores de Alo. O perfil P12 apresenta uma distribuição irregular dos teores de Alo, sendo o maior valor observado no horizonte Bt4. Já o perfil P14 tende a apresentar redução do teor de Alo, ocorrendo aumento deste no horizonte BC. Dentro deste grupo de solos, os maiores valores de Ald e Alo são observados para o perfil P12 (Anexo 2).

A relação Ald/Alt (Anexo 2), para todos os perfis, é baixa (valores sempre inferiores a 0,13) indicando que uma pequena parcela deste alumínio encontra-se sob a forma de óxidos, uma possível explicação é que a maior parte do alumínio encontra-se como constituinte da estrutura cristalina de minerais como a caulinita e a vermiculita Al interlamelar.

A relação Alo/Ald (Anexo 2) corrobora baixa cristalinidade dos óxidos de alumínio. Para o perfil P12, esta observação pode ser confirmada pela ausência do pico secundário da gibbsita no difratograma de raio-x (Figura 17).

O perfil P15, Planossolo imperfeitamente drenado, diferindo dos demais solos do Grupo IV, apresenta um aumento dos teores de Feo (Gráfico 29) em profundidade, indicando o predomínio de formas de baixo grau de

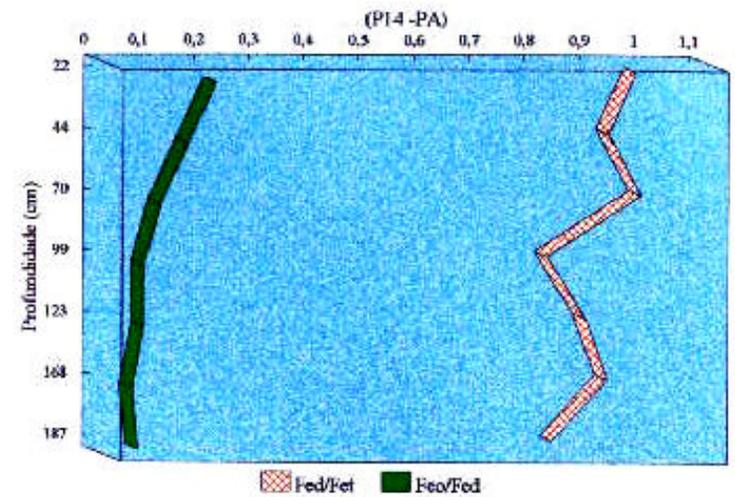
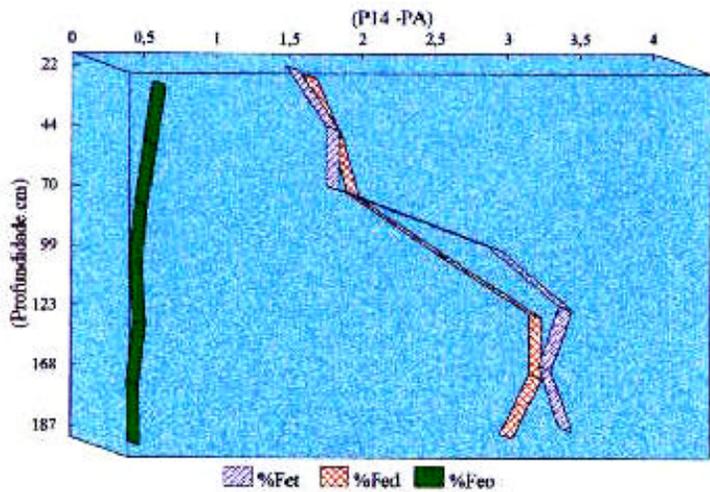


Gráfico 27 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P14.

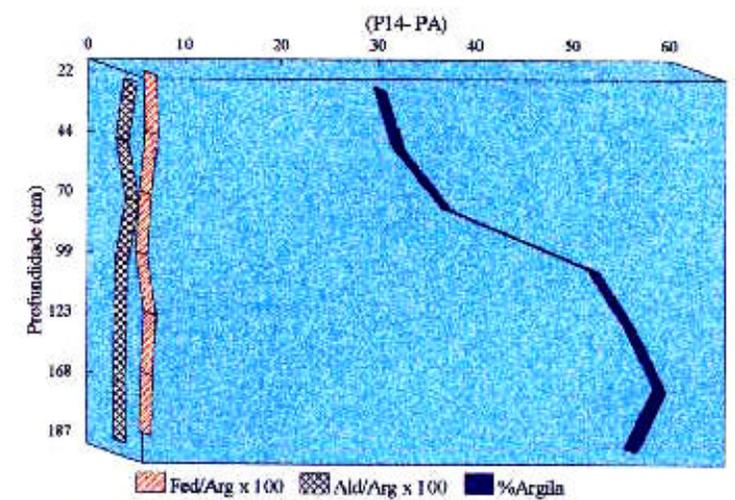
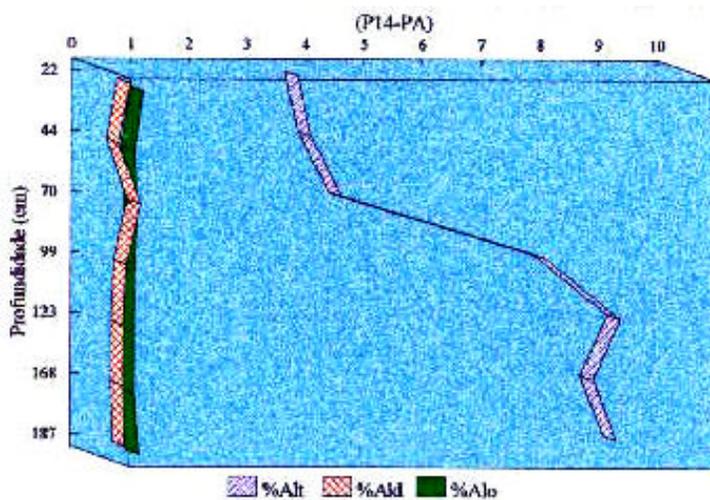


Gráfico 28 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P14.

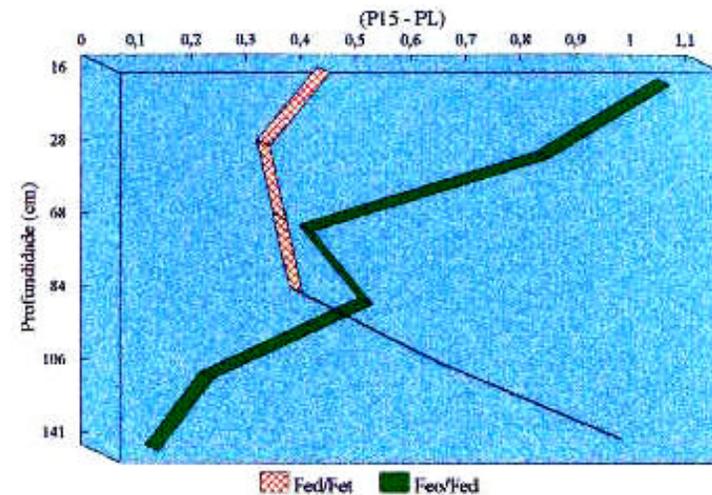
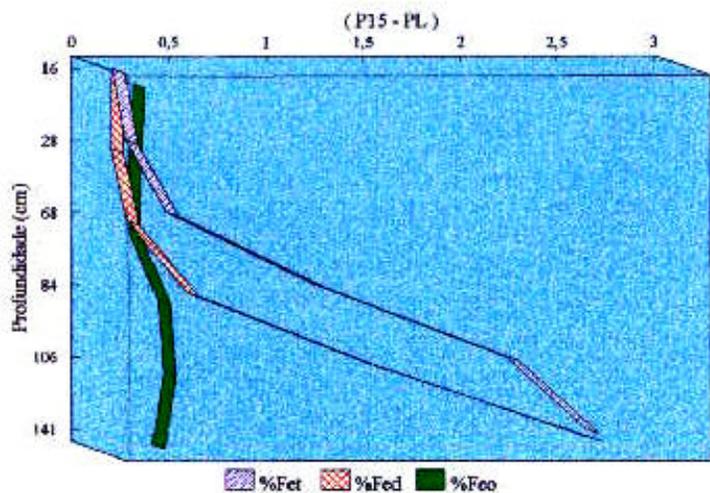


Gráfico 29 – Distribuição dos teores de ferro e relações Fed/Fet e Feo/Fed em profundidade no perfil P15.

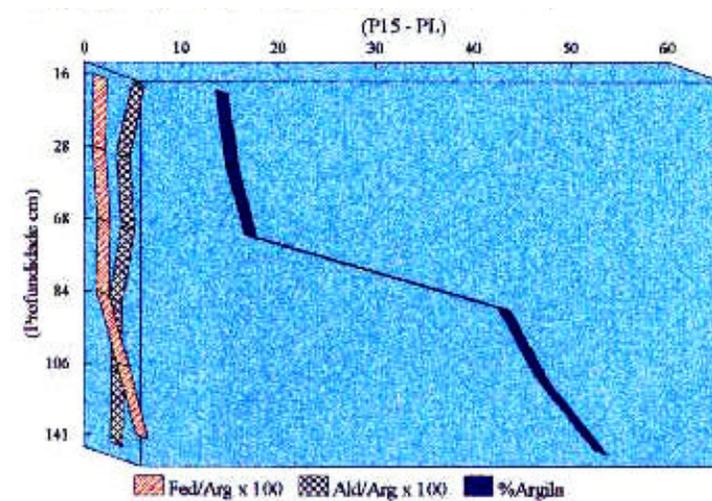
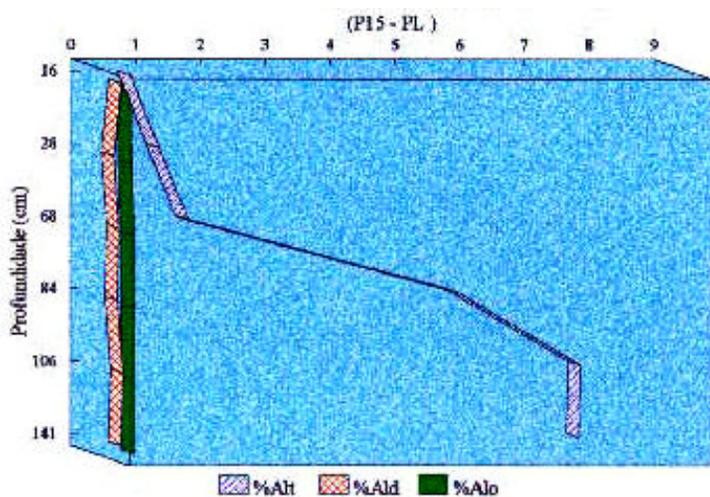


Gráfico 30 – Distribuição dos teores de alumínio e relações Fed/Arg, Ald/Arg e % Argila em profundidade no perfil P15.

cristalinidade. As condições de drenagem imperfeita, favorecendo a acumulação de água nos horizontes subsuperficiais, podem estar propiciando a má cristalização destes óxidos. O comportamento das relações Feo/Fed e Fed/Fet é o mesmo observado para os demais perfis deste grupo.

Através da relação Fed/Arg (Gráficos 24, 26, 28 e 30 e Anexo 2) pode-se observar que, para o perfil P15, ocorre migração do íon ferro independente da fração argila, sendo que o maior valor é verificado no horizonte Bt3. A relação Ald/Arg (Gráfico 30) apresenta comportamento inverso, os maiores valores são observados nos horizontes superficiais, diminuindo em profundidade.

Os teores de Mnd e Mno (Anexo 2) não diferiram do verificado para a maioria dos grupos, os maiores teores foram encontrados nos horizontes superficiais diminuindo em profundidade.

5.2. - Comparação entre índices pedogenéticos e de intemperismo

Embora várias características físicas, químicas e mineralógicas sejam citadas como índices de avaliação do grau de intemperização dos solos, apenas o índice k_i é estabelecido como atributo diagnóstico para tal (EMBRAPA/SNLCS, 1988). As demais características mencionadas são utilizadas para a qualificar a evolução genética de perfis de solo, como exemplo àquelas empregadas na distinção do horizonte B latossólico (EMBRAPA/SNLCS, 1988).

A variação dos índices pedogenéticos e de intemperismo, relação silte/argila, k_i , CTC da fração argila e Fed/argila, para os horizontes diagnósticos subsuperficiais de todos os perfis examinados, é apresentada nos gráficos 31 a 34. Além destes também foi analisada a distribuição das relações Fed/Fet e Feo/Fed, indicadoras do grau de cristalinidade dos óxidos de ferro no solo (Gráficos 35 e 36).

A maioria dos solos apresenta valores da relação silte/argila inferiores a 0,3 (Gráfico 31), à exceção dos perfis P2, P8 e P9, indicando elevado grau de intemperismo do material do solo ou parental. Ainda, se considerarmos o limite de 0,6 para a definição da classe dos Latossolos (EMBRAPA/SNLCS, 1988), apenas os perfis P8 e P9 possuem relação silte/argila superior a este limite.

Quanto a distribuição de k_i (Gráfico 32), a maioria dos perfis possui valores dentro da faixa de 1,7 a 2,2, intervalo associado à presença de caulinita como principal mineral na fração argila (Nascimento, 1989). Os perfis P1 e P3 (Grupo I) e P10, P12 e P14 (Grupos III e IV), ao contrário, possuem valores de k_i que sugerem a predominância de gibbsita. Ainda, nos perfis P8 e P9 (Grupo

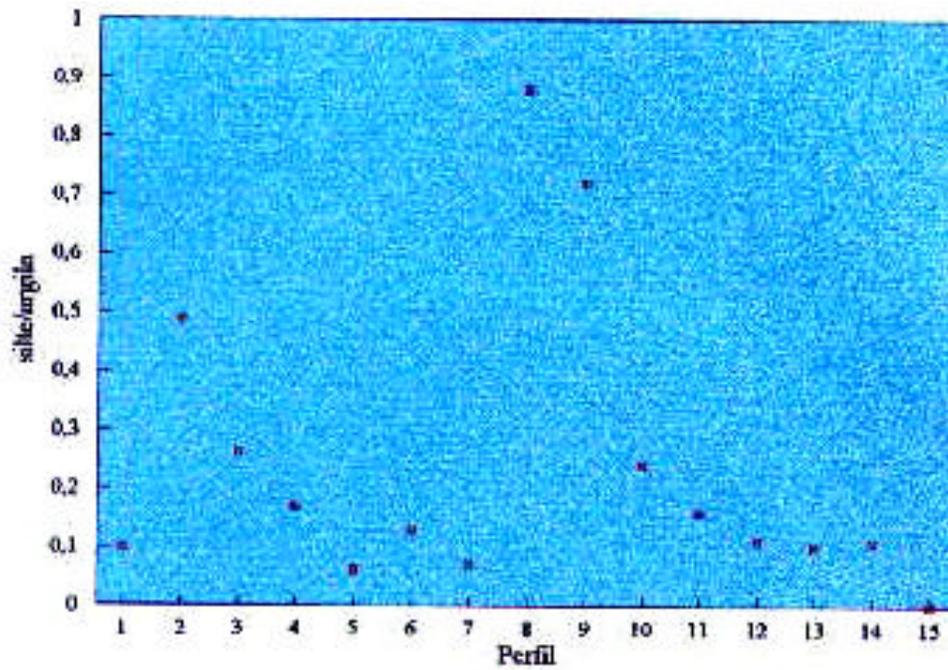


Gráfico 31 – Variação da relação silte/argila nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

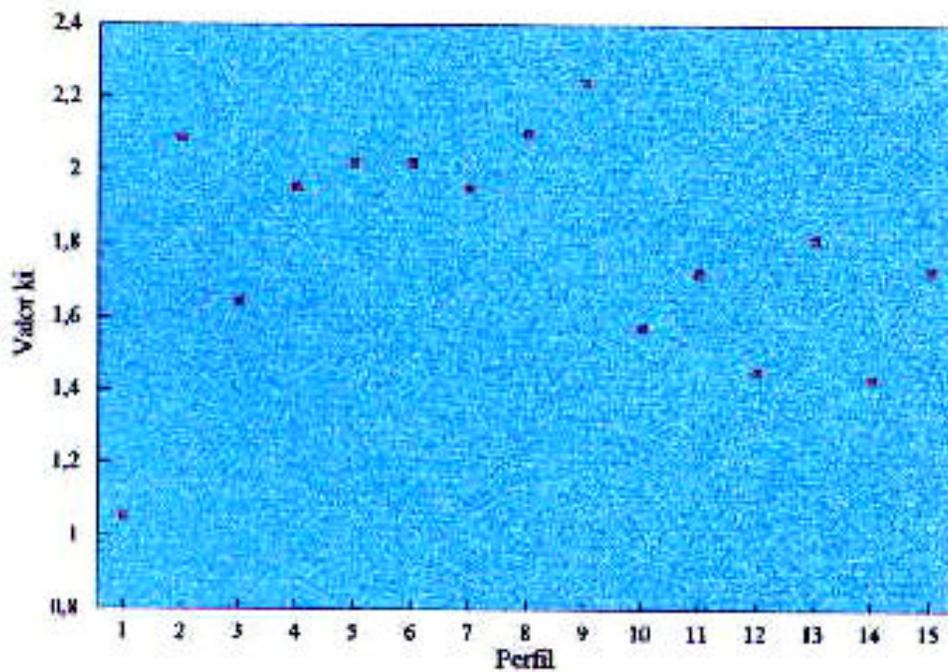


Gráfico 32 – Variação da relação ki nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

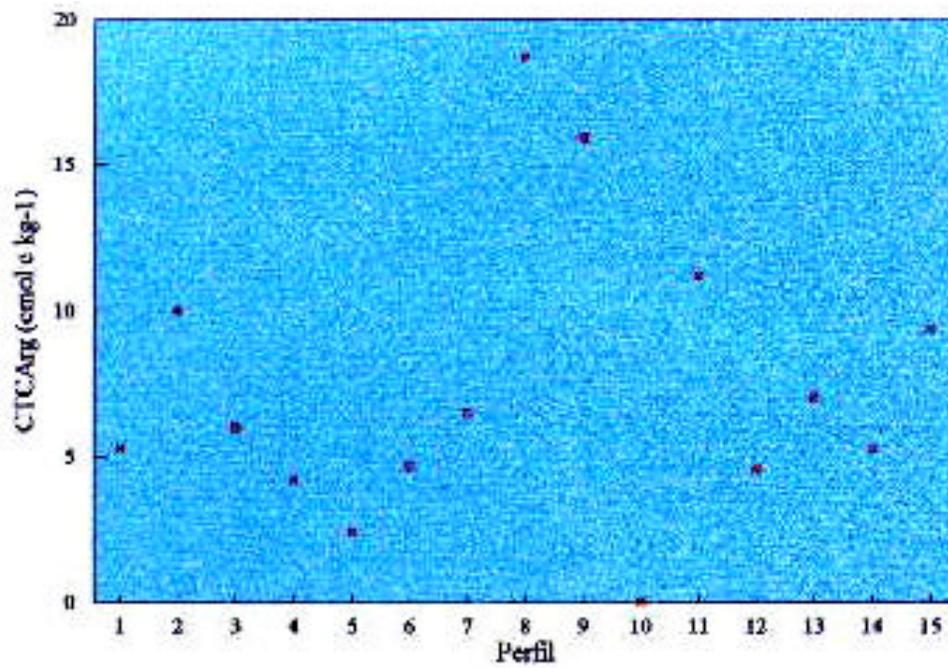


Gráfico 33 – Variação da CTC Arg nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

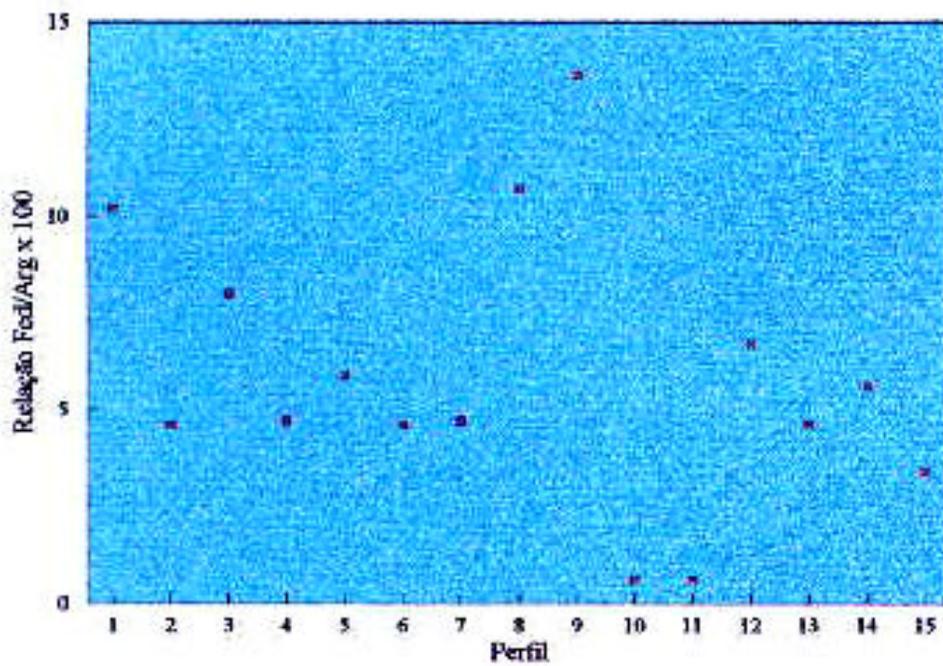


Gráfico 34 – Variação da relação Fed/Arg nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

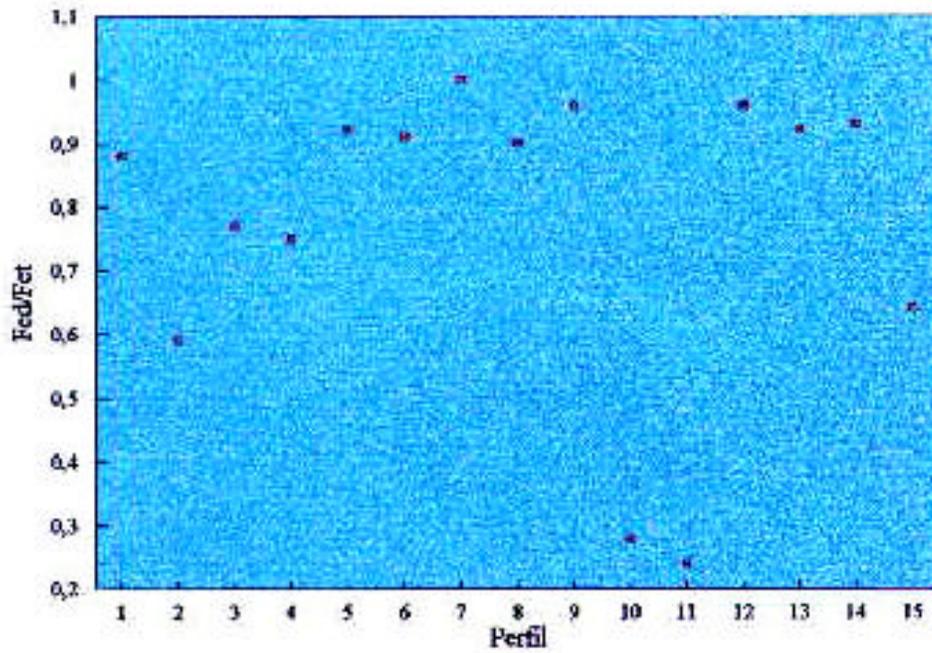


Gráfico 35 – Variação da relação F_{ed}/F_{et} nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

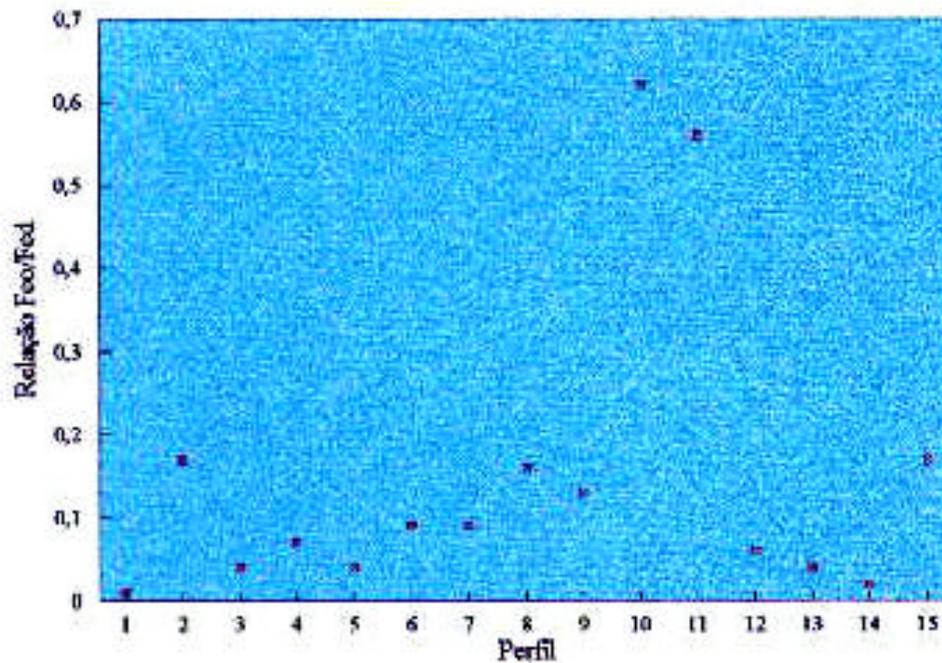


Gráfico 36 – Variação da relação F_{eo}/F_{et} nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

III) a ocorrência de minerais primários silicatados facilmente intemperizáveis, na fração argila, é, provavelmente, responsável pelos altos valores de k_i .

A CTC estimada da fração argila (Gráfico 33) mostra concentração dos perfis abaixo do limite de 13 cmol_c/kg de argila, usado como atributo diagnóstico na classe dos Latossolos (EMBRAPA/SNLCS, 1988) para representar o elevado grau de pedogênese e intemperismo desta classe. Apenas os perfis 8 e 9 apresentam comportamento distinto, enquadrando-se dentro do conceito de argila de atividade média, conforme proposto por Ramos & Cunha (1985). No perfil P10, os elevados teores de carbono orgânico não permitem o cálculo preciso da CTC da fração argila.

A relação Fed/Arg (Gráfico 34) indica concentração dos perfis em torno de 3 a 7%, o que está relacionado aos baixos teores de ferro nos materiais de origem e solos estudados. Apenas nos perfis P10 e P11 são observados valores que indicam a baixa cristalinidade dos óxidos de ferro, sugerindo grau reduzido de pedogênese.

A comparação das variações nas relações Fed/Fet e Feo/Fed (Gráficos 35 e 36) permite a separação apenas dos perfis P10 e P11 (ambos classificados como solos Gleis) dos demais solos estudados. Nestes perfis, o ambiente de formação favorece maior acúmulo de matéria orgânica e solubilização do ferro dificultando sua cristalização.

De uma forma geral, a exceção dos solos do Grupo III, formados a partir de sedimentos recentes e em condições de drenagem restrita, os índices tradicionalmente utilizados para avaliar grau de pedogênese ou intemperismo não foram suficientes para, isoladamente, diferenciar os solos estudados.

5.3 - Fe, Al e Mn extraíveis como índices pedogenéticos

Pode-se observar uma estreita relação entre o grau de desenvolvimento dos solos e a idade das superfícies geomórficas em que eles se formaram. A superfície mais antiga, correspondente as rochas do Pré-Cambriano, e com melhor drenagem é a que apresenta solos com os processos pedogenéticos mais expressivos, representados no Grupo I.

Através da análise dos parâmetros relação silte/argila e índice k_i , constata-se que o perfil P1 sofreu um intenso processo de intemperização. O reduzido teor de bases (valor S) e os baixos teores de sílica indicam que houve intensa lixiviação e dessilicatização. As relações F_{ed}/F_{et} e F_{eo}/F_{ed} , neste perfil, indicam um predomínio de ferro na forma de óxidos livres, com elevado grau de cristalinidade.

Neste perfil, observam-se características tais como: grande espessura do solum, pequena diferença entre sub-horizontes B (isotropia vertical) e o tipo de estrutura, que denotam um elevado grau de desenvolvimento pedogenético. Através da análise conjunta destes parâmetros podemos concluir que o perfil P1 possui o maior desenvolvimento pedogenético dentre todos os solos estudados.

O perfil P2 apresenta gradiente textural, definido pela presença do horizonte de máxima eluviação (horizonte E) formado pelo processo de lessivage (Fanning & Fanning, 1989). A translocação de argila é confirmada pela ocorrência de cerosidade, que varia de moderada a forte, nos horizontes diagnósticos subsuperficiais. Entretanto este parece não ser o único mecanismo para a formação do gradiente textural neste solo. Santos (1986) destaca a presença de linha de pedra na zona de transição entre A e B,

indicando que descontinuidade litológica e a adição lateral de argila também contribuíram para a diferença textural.

O perfil P3, que apresenta características similares ao P2, tem o processo de eluviação/iluviação de argila como determinante da sua gênese, o que é evidenciado pela presença de cerosidade no horizonte B textural. A estrutura em blocos moderadamente desenvolvida, observada nos perfis P2 e P3, é outro indício do grau de evolução pedogenética destes. No entanto, a convexidade da superfície onde estão localizados os perfis P2 e P3 parece estar favorecendo a remoção de material das camadas superficiais, além de promover o aumento do fluxo lateral da água no solo, com conseqüente menor percolação de água e diminuição da intensidade da pedogênese.

As relações Fed/Fet para os horizontes diagnósticos subsuperficiais, nos perfis P1 (Bw2, 0,88), P2 (2Bt2, 0,59) e P3 (Bt2, 0,77), indicam que parte do ferro presente nestes horizontes apresenta-se sob a forma de óxidos livres, o restante encontra-se ligado as estruturas cristalinas dos minerais primários. A relação Feo/Fed demonstra graus diferentes de cristalinidade para os óxidos de ferro nos perfis P2 e P3.

Embora a relação Fed/Fet não se apresente tão elevada, os solos do Grupo I possuem um conjunto de características que denotam acentuado desenvolvimento pedogenético. O contraste sugere que a relação Fed/Fet, dissociada das demais características, não seria um bom índice de avaliação do desenvolvimento destes solos.

Dentro do Grupo I, os maiores valores para Ald/Alt foram constatados no perfil P1, o que, possivelmente, deve-se aos maiores teores de gibbsita. Para os perfis P2 e P3 praticamente não observam-se diferenças entre as

relações Ald/Alt. Entre os perfis, o conjunto de propriedades permite concluir que o perfil P1 é o mais evoluído geneticamente, sendo que entre os perfis P2 e P3 não existem diferenças.

Cronologicamente, a segunda superfície geomórfica é representada pelos materiais sedimentares da Formação Barreiras, que originam os solos do Grupo II (P4, P5, P6 e P7).

As características morfológicas desses perfis, tais como: estrutura fracamente desenvolvida, pequena diferenciação entre sub-horizontes B e reduzida translocação de argila nos perfis; estão de acordo com a época recente de deposição destes sedimentos. Para estes solos é difícil a distinção entre as características genéticas e àquelas herdadas.

Os gradientes texturais, quando existentes (perfis P4 e P7), parecem denotar mais características do material formador do solo e não de um processo genético. Ainda, as variações de textura entre os horizontes A e B podem ser devidas à perda de argila dos horizontes superficiais, pelo processo de erosão diferencial ou pela destruição dos minerais de argila, sob influência da matéria orgânica.

Para estes perfis a baixa relação silte/argila, o índice k_i e a mineralogia da fração argila, parecem refletir o avançado grau de intemperismo dos sedimentos da Formação Barreiras, material formador do solo, e não expressar um avançado estágio de evolução pedogenética. Estas mesmas características são verificadas nos horizontes identificados como C e citadas na literatura como propriedades do material originário (Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

Os perfis do Grupo II apresentam elevados valores da relação Fed/Fet em profundidade: P4, Bt2 - 0,75; P5, Bw - 0,92; P6, Bw2 - 0,91 e P7, Bt2 -

1,00; indicando que a maior parte do ferro presente encontra-se sob a forma de óxidos de ferro livres. No entanto, estes valores, que sugerem um elevado grau de evolução pedogenética, não são corroborados pelas características morfológicas.

Através da análise isolada da relação Fed/Fet poderia-se concluir que os solos de tabuleiro apresentam elevado grau de intemperização; porém, considerando as características do material de origem, constata-se que o intemperismo pós deposicional é pouco influente para os solos deste grupo. Neste caso, a relação Fed/Fet estaria expressando as características dos sedimentos da Formação Barreiras e não seria uma resultante da pedogênese.

A relação Feo/Fed confirma que estes óxidos apresentam boa cristalinidade. Porém, assim como as relações silte/argila e o índice ki, Feo/Fed parece refletir a natureza do material de origem, já que a presença de petroplintita ou laterita, caracterizadas pelo alto grau de cristalinidade dos óxidos de ferro, é comum nos sedimentos da Formação Barreiras (Anjos, 1985).

Para os solos do Grupo II a relação Ald/Alt apresentou-se baixa, não sendo verificadas diferenças entre os perfis.

Os perfis P8, P9, P10 e P11, formados a partir de sedimentos aluviais, Grupo III, situam-se nas superfícies mais recentes e com classes de drenagem que variam de imperfeitamente a mal drenado. O grau de desenvolvimento pedogenético está vinculado às condições de drenagem. Para este grupo de solos pode-se fazer uma subdivisão onde os perfis P8 e P9, classificados como Cambissolos, apresentam maior grau de evolução pedogenética quando comparados aos perfis P10 e P11, classificados como solos Glei. A principal

característica morfológica que indica essa diferenciação é o desenvolvimento de estrutura pédica, maior nos perfis P8 e P9.

Nos perfis P8 e P9 as elevadas relações Fed/Fet refletem o maior grau de intemperismo do material parental. Por outro lado, a relação Fed/Fet é baixa para os perfis P10 e P11, como um reflexo das condições de drenagem impedida, que favorecem a redução e solubilização do Fe^{3+} desfavorecendo a formação dos óxidos pedogênicos. Nestes perfis, as relações Fed/Fet e Feo/Fed parecem estar relacionadas à natureza do material de origem e as condições de drenagem, refletindo o grau incipiente de pedogênese.

Quanto as relações Ald/Alt e Alo/Ald verificou-se o mesmo comportamento observado para os Grupos I e II.

Os solos do Grupo IV, formados a partir de cobertura sedimentar coluvial (P12, P13 e P14) e colúvio/aluvional (P15), apresentam horizonte Bt caracterizado pela presença de gradiente textural, não constatando-se cerosidade em grau suficiente para ser utilizada como propriedade diagnóstica.

O gradiente textural parece resultar da deposição de uma camada de material com granulometria mais grosseira sobre outra de granulometria mais fina. Esta hipótese é corroborada pela relação silte/argila mais elevada nos horizontes superficiais. Outra possível razão para esta distribuição de argila é a destruição do material mais fino em superfície e/ou remoção superficial deste material por erosão (Duarte, 1992; Silva, 1993). Ainda, a estrutura em blocos subangulares, fraca ou moderadamente desenvolvida no horizonte Bt, indica pedogênese pouco intensa.

A relação Fed/Fet para os perfis do Grupo IV parece refletir o grau de intemperização dos sedimentos de origem, o que é evidenciado pela

semelhança entre as relações Fed/Fet da cobertura sedimentar e do material do embasamento cristalino (P12).

Para o perfil 15, observa-se que o processo de lessivage também contribui para a sua evolução. A migração independente do ferro e da fração argila, favorecendo a formação de uma zona de acúmulo de óxidos, é sugerida pela variação em profundidade da relação Fed/Arg.

Nos solos do Grupo IV observa-se o mesmo comportamento da relação Ald/Alt já verificado para os outros grupos, porém constata-se maiores valores da relação Alo/Ald, indicando uma maior participação das formas pouco cristalinas.

Através da análise dos resultados, observa-se que a relação Fed/Fet isolada não demonstrou ser um índice eficiente para quantificação do desenvolvimento pedogenético de solos e paisagens. Torna-se necessário a sua avaliação em conjunto com as demais propriedades morfológicas, físicas e químicas dos solos.

6 - Conclusões

Os resultados apresentados e discutidos no capítulo anterior levam às seguintes conclusões:

Entre as formas extraíveis de Fe, Al e Mn e relações molares, os melhores parâmetros para avaliar a interação óxidos pedogenéticos e evolução dos solos e materiais de origem estudados foram obtidos para os teores de ferro extraíveis através do ataque sulfúrico (Fet), ditionito citrato bicarbonato (Fed) e oxalato ácido de amônio (Feo).

A relação Ald/Alt não foi eficiente para a avaliação do grau de pedogênese ou intemperismo. Uma possível razão para esta resposta é a ineficiência dos extratores na dissolução de alumínio presente em outras formas (caulinita e VHE) que não os óxidos. Ainda, para a maioria dos solos foi verificado, através da relação Alo/Ald, predomínio de formas menos cristalinas dos óxidos de Al em relação a gibbsita.

As baixas concentrações das formas extraíveis de manganês, em todos os grupos de solos, limitam o seu emprego como índice pedogenético.

Os perfis do Grupo I, em relação aos demais grupos, apresentaram menores relações Fed/Fet, sugerindo um menor grau de intemperização, quando comparados aos demais grupos de solos; porém, este mesmo grupo

apresenta fortes evidências morfológicas da atuação de processos pedogenéticos (desenvolvimento de estrutura pédica, presença de horizonte E e cerosidade), sugerindo que esta relação não deva ser utilizada isoladamente, e sim em conjunto com outras características.

Os solos do Grupo II, quando comparados aos outros grupos, apresentaram elevadas relações Fed/Fet, porém elas refletem a natureza do material de origem não sendo resultante de um processo pedogenético. Nos solos do Grupo III a relação Fed/Fed, alta para os perfis P8 e P9, reflete a natureza do material de origem, já para os perfis P10 e P11, esta relação indica as condições de drenagem. Para os solos do Grupo IV a relação Fed/Fet também expressa natureza da cobertura sedimentar.

Para a maioria dos solos estudados as relações Fed/Argila e Ald/Argila são relativamente constantes em profundidade sugerindo a co-migração de ferro, alumínio e argila. Apenas no perfil P15 (Grupo IV), pode-se verificar um aumento da relação Fet/Argila x 100 em profundidade (Bt1x - 13; Bt2 - 34; e Bt3 - 53), indicando a ocorrência de acumulação preferencial de ferro nestes horizontes.

O uso das formas de Fe, Al e Mn como índices de pedogênese, para os solos do Estado do Rio de Janeiro, requer além do desenvolvimento de metodologia específica para Al, uma interpretação conjunta das demais propriedades do solo, com ênfase para a morfologia e relações com classes de drenagem e de material originário.

7 - Referências Bibliográficas.

Allen, B.L.; Hajek, B.F. Mineral occurrence in soil environments. In: J.B. Dixon, and S.B. Weed (eds.). Minerals in Soil Environments. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, WI. p 199-278, 1989.

Anjos, L.H.C.. Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do terciário na região de Campos, RJ. Tese de Mestrado. 194p. 1985.

Anjos, L.H.C. dos. Identification, characterization and genesis of 'Plintossolos' developed from Itapecuru Formation in Maranhão State, Brazil. 1991. 226p. (Doutorado - Purdue University).

Arduino, E. et al. Iron oxides and clays minerals within profiles as indicators of soil age in northern Italy. Geoderma. 37: 45-55. 1986.

Bennema, J. Acid soils of the humid tropics of South America, with special reference to well-drained soils on old alluvial sediments. Proceed of the Joint Workshop on: Management of Low Fertility Acid Soils of the American Humid Tropics. Paramaribo, Suriname, 23-26 nov. p: 105-125. 1981.

Besoain, E. Mineralogia de arcillas de suelos .IICA. Costa Rica. pp: 669-701. 1985.

Birkeland, P.W. Pedology, weathering and geomorphological research. New York, Oxford University Press. 285p. 1974.

- Black, C.A et al. 1965. Methods of soil analyses. Part 2. Agronomy n° 9. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal: Contribuição a carta de solos do Brasil. 350p. (Brasil. Ministério da Agricultura. CNEPA. SNPA, Boletim, 11).
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SA 24 Rio de Janeiro/Vitória. 1983.
- Brinkman, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 3: 199-206. 1970
- Blume, H.P & Schwertmann, U. Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron and manganese oxides. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* , vol. 33: 431- 444. 1969
- Bockheim, J.G. Solution and use of chronofunctions in studying soil development. *Geoderma*. 24: 71-85. 1980.
- Borkert, C. M. Manganês. In: *Micronutrientes na agricultura. Simpósio sobre micronutrientes na agricultura*, 1,p 173 - 188. Jaboticabal. 1988.
- Carter, D.L., M.D. Heilman; Gonzales, C.L. Ethylene glycol monoethyl ether for determining surface area of silicate minerals. *Soil Sc.* 100: 356-360. 1965.
- Chesworth, W. The stability of gibbsite and boehmite at surface of the earth. *Clays and Clay Minerals*, Vol 20 : 369-374. 1972
- Cihacek, L.J & Bremner, J.M. A simplified ethylene glycol monoethyl ether procedure for assesment of soil surface area. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 43 (4): 821-822. 1979

- Curi, N. & Franzmeier, D.P. Toposequence of Oxisol from the Central Plateau of Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 341-346. 1984.
- Dana, J.D.; Hurlbut, C.S. *Manual de Mineralogia. Livro Técnico e Científico* Editora S.A., Rio de Janeiro. 642p. 1978.
- Dick, D.P. Caracterização de óxidos de ferro e adsorção de fósforo na fração argila de horizontes B latossólicos. Tese de Mestrado. 196p. 1986.
- Dixon, J.B & Weed, S.B. *Minerals in soil environments.* Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA. 948p. 1977.
- Duarte, N.M. Caracterização e Classificação de solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino na região litorânea do Estado do Rio de Janeiro-RJ. Tese de Mestrado. 281p. 1992.
- EMBRAPA/SNLCS. *Manual de métodos de análise de solos.* 1979.
- EMBRAPA/ SNLCS. Levantamento semidetalhado do município do Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro. *Boletim Técnico*, 66. 389p 1980.
- EMBRAPA/SNLCS. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS. 67p. 1988
- Espírito Santo, F.R.C. Distribuição de óxidos de ferro em uma catena de solos derivados de granito na região fisiográfica da Depressão Central no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS. Tese de Mestrado 141p. 1988
- Fanning, D.S.; Fanning, M.C.B. *Soil morphology, genesis and classification.* John Willey & Sons, Inc. 395p. 1989.
- Fey, M.U & Dixon, J.B. Rapid estimation of iron oxides in soils and clays by spectrophotometric analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47: 1261-3. 1983

- Fitzpatrick, R.H. & Schwertmann, U. Al-substituted goethite - An indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. *Geoderma*, 27: 335-347. 1982
- Fonseca, O.O.M. Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral brasileiro. Tese de Mestrado. 185p. 1986
- Gianluppi, D. Morfologia e gênese de solos do litoral-norte do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1979. Tese de Mestrado. 106p. 1979.
- Harlan, P.W.; Franzmeier, D.P.; Roth, C.B. Soil formation on loess in Southwestern Indiana: II. Distribution of clay and free oxides and fragipan formation. *Soil Sci. Soc. of Am. J.*, 41: 99 - 103. 1977.
- Harden, J.W. A quantitative index of soil development from field descriptions - Examples from a chronosequence in central California. *Geoderma* 28: 1 - 28. 1982.
- Heilman, M.D.; Carter, D.L & Gonzalez, C.L. The ethylene glycol monethyl ether (EGME) technique for determining soil surface area. *Soil Sci., Madison*. 100 (6): 409-413. 1965
- Holmgren, G.G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Am. Proc.*, 31: 210-211. 1967
- Kämpf, N & Dick, D.P. Óxidos de ferro em Cambissolos Brunos do Rio Grande do Sul e Sul de Minas Gerais. *Rev. Bras. Cien. Solo*, Campinas, 8: 183-188. 1984.
- Kämpf, N. O Ferro no solo. In: Anais da I Reunião sobre Ferro em solos inundados. (EMBRAPA/CNPAF. Documentos, 22.) Goiânia, GO. 1988
- Kämpf, N & Azevedo, A. C. Óxidos de manganês em solos do Rio Grande do Sul. In: Resumos do XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Cerrados: Fronteira Agrícola no Século XXI. Goiânia: SBCS, 1993.

- Kodama, H.; Schnitzer, M. Effects of cristallization of aluminum hydroxides. *Geoderma*, 24: 195-205. 1980
- Krauskop, K. B. Introdução à geoquímica. Editora Polígono. São Paulo. 294p. 1972.
- Lamego, A.R. Geologia das quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. Div. Geol. Dept. Nac. Prod. Min. Rio de Janeiro, Bol nº154. 1955
- Lemos, R. C. de Santos, R.D. dos. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2ª ed. Campinas: SBCS/EMBRAPA - SNCLS, 1982, 42p.
- McFadden, L.D. & Hendricks, D.M. Changes in the content and composition of pedogenic iron oxyhydroxides in a chronosequence of soils in southern California. *Quat. Res. (NY)* 23: 189-204. 1985
- McKeague, J.A & Day, J.H. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe e Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil. Sci.*, 46: 13-22.
- McLaughlin, J.R.; Ryden, J.C.; Syers, J.K. 1981. Sorption of inorganic phosphate by iron- and aluminium- containing components. *J. soil Sci., London*, 32: 365-377.
- Mehra, O.P; Jackson, M.L. 1960. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.* 5:317-327.
- Mello, A. & Fonseca, Z. 1962. Contribuição ao estudo petrográfico sedimentológico da Formação Barreiras de Pernambuco. Universidade do Recife. Pernambuco. *Arquivos de Geologia*, 3: 55-71.
- Mendes, W et al. Contribuição ao mapeamento, em séries dos solos do município de Itaguaí. *Boletim do Inst. de Ecologia e Exp. Agrícola*, 12. 1954, 24p.

- Michalyna, W. 1971. Distribution of various forms of aluminum, iron and manganese in the orthic gray wooded, gleyed orthic gray wooded and related gleysolic soils in Manitoba. *Canadian Journal Soil Science*, 51: 23-36.
- Moniz, A.C. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil. Raleigh, Carolina do Norte, E.U.A, 1980. (Doutorado - North Carolina State University).
- Nascimento, R.A. de M. Correlação entre o valor ki e outras variáveis em Latossolos. UFRRJ, Itaguaí, R.J, 1989. 256p.
- Norish, K & Taylor, R.M. 1961. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *J. Soil Sci.* 12: 294-306.
- Oliveira, J.A.D. et. al. Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:400.000. Rio de Janeiro. Depto de Recursos Minerais-DRM/Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE. 1977.
- Oliveira, J. B.; Jacomine, P. K. T.; Camargo, M. C. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.ed. Jaboticabal, FUNEP. 201p.1993.
- Olmos I. L. J; Amaral, F.C.S & Sousa Neto, N.C. 1993. Relação entre o teor de Fe_2O_3 "livre" extraído com ditionito e de $Fe_2O_3-TiO_2$ do ataque sulfúrico em solos de ki inferior a 2,2. *R. bras. Ci. Solo*, 17: 315-317.
- Page, A.L.; Miller, R.H. & Keeney, D.R. (ed). 1982. *Methods of soil analyses. Part 2. Agronomy n°9 2°edition* : Americam Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison, Wisconsin. USA.
- Palmieri, F. A study of climossequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina e Rio Grande do Sul States, Brazil. 1986. 259p (Doutorado - Purdue Univ. West Lafayette, IN USA).
- Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24: 29-96.

- Ramos, D.P. Levantamento detalhado de solos da área da Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro, com base em fotografias aéreas e prospecção do terreno. UFRRJ, Itaguaí (RJ), 1970. 128p.
- Ramos, D.P.; Cunha, L.H. Caracterização de solos afetados por sais em condições não hidromórficas da região de Campos (RJ). R. Bras. Ci. Solo, 9: 155-159, 1985.
- Ratner-Zohar, Y.; Banin, A. & Chen, Y. 1983. Oven drying as a pre-treatment for surface-area determinations of soils and clays. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 47 (5): 1056-1058.
- Ravelli Neto, A. Caracterização e classificação de uma seqüência de solos da Baixada dos Goitacazes (RJ). Tese de Mestrado. 1989. 188p
- Rebertus, R.A. & Buol, S.W. 1985. Iron distribution in a developmental sequence of soil from mica gneiss and schist. Soil. Sci. Am. J., 49: 713-20.
- Rezende, M. et al. Pedologia: base para a distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT. 304p. 1995.
- Santos, H.G. 1986. Solos intermediários entre Latossolo Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa: conceituação e distinção. Tese de Doutorado. 293p
- Schwertmann, U. The differentiation of iron oxide in soil by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. Z. Pflanzenernahr. Dung. Bodenkundi, 105, 104-201, 1964.
- Schwertmann, U. 1966. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. Nature. 212: 645 - 646.
- Schwertmann, U. & Kämpf, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. Rev. Bras. Ci. Solo, 7:251 - 255, 1983.
- Schwertmann, U. The effect of pedogenic environments on iron oxides minerals. Advances in Soil Science., New York, 1: 172 - 196. 1985.

- Schwertmann, U & Taylor, R.M . 1989. Iron oxides. In: J.B. Dixon, and S.B. Wees (eds). Minerals in soil environments. 2nd. ed. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, WI. p 379-438.
- Schwertmann, U & Carlson, L. 1994. Aluminum Influence on Iron Oxides: XVII. Unit-Cell Parametres and Aluminum Substitution of Natural Goethites. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 256-261.
- Silva, M. B. e . Caracterização dos solos em uma topossequência no campus da UFRRJ. Tese de Mestrado. 141p. 1993
- Silva Sá, J.H. de . Contribuição à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região Bragantina, Estado do Pará. Instituto de Geociências. UFRJ. Bol. Geologia, 3. 1969.
- Segalen, P. 1971. Mettalic oxides and hydroxides in soils of the war and humid areas of the world: formation, indentificatiom, evolution. In: Soils and tropical weathering; Proceedings of Bandung Symposium.Paris UNESCO, p. 25-37.
- Stevens, P.R & Walker, T.W. 1970. The chronosequence concept and soil formation. Q. Res. Biol. 45: 333-350.
- Syers, J.K.; Evans, T.D.; Williams, J.D.H.; Murdock, J.T. 1971. phosphate sorption parameters of representative soils from Rio Grande do Sul, Brasil. Soil Sci., Baltimore, 112: 267-275.
- UFRRJ. A Cultura da cana-de-açúcar no norte fluminense aspectos gerais. In: Anais da IV Reunião de classificação, correlação e aplicação de levantamento de solos. Rio de Janeiro. EMBRAPA/CNPS, 1995.
- Torrent, J.; Schwertmann, U & Schulze, D.J. 1980. Iron oxide mineralogy of some two river terrace sequences in Spain. Geoderma. 23: 191-208.

Violante, A.; Violante P. 1980. Influence of pH, concentration, and chelating power of organic anions on the synthesis of aluminum hydroxides and oxyhydroxides. *Clays and Clay Minerals*, Vol 28, n°6: 425-434.

Violante, A.; Huang, P.M. Influence of inorganic ligands on the formation of aluminum hydroxides and oxyhydroxides. 1985. *Clays and Clay Minerals*, Vol 33, n°3: 181-192.

Volkoff, B. Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos latossolos da Bahia. *Rev. Bras. Ci. Solo*.2: 55-59. 1978.

Capítulo II - Óxidos pedogênicos e adsorção de fósforo

1 - Introdução

Grande parte dos solos brasileiros, que normalmente já sofreram um processo intenso de intemperismo, apresentam como principais constituintes da fração argila óxidos de ferro e alumínio e argilas do grupo da caulinita, minerais caracterizados pela presença de cargas de superfície variáveis com a composição da solução do solo. Nas condições de pH ácido a moderadamente ácido, os óxidos apresentam-se preferencialmente com cargas positivas, sendo assim capazes de reter em sua superfície vários tipos de ânions, destacando-se os íons fosfatos.

Os solos brasileiros apresentam baixos teores de fósforo total e muito baixos teores de fósforo disponível para as plantas. Esta carência generalizada de P deve-se, principalmente, aos reduzidos conteúdos deste elemento no material originário e aliado a isto, a alta capacidade de retenção de fosfato pelos colóides minerais no solo. Em conseqüência, doses relativamente elevadas de fertilizantes fosfatados são necessárias para se obter produções econômicas, já a partir do primeiro ano de cultivo.

Devido ao caráter não renovável das reservas minerais de fósforo, torna-se necessário que se conheçam as relações entre propriedades dos solos; tais como textura, composição química e mineralógica e a capacidade de adsorção de fósforo, para que sejam planejadas adubações eficientes aos solos.

Neste estudo pretende-se avaliar possíveis correlações entre propriedades físicas e químicas e os óxidos pedogênicos com o grau de adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro.

2 - Fósforo no sistema solo

O fósforo é o décimo elemento de maior ocorrência da crosta terrestre, seu total é da ordem de 10^{15} toneladas, o que corresponde a cerca de 0,12% desta (Van Wazer, 1958 citado por Almeida, 1979; Nascimento & Mazur, 1994). Na litosfera o fósforo ocorre sempre com nº de oxidação +5, apresentando-se tetraedricamente coordenado com oxigênio (Almeida, 1979).

Aproximadamente 200 minerais fosfatados já foram encontrados na natureza (Almeida, 1979). Dentre as fontes de fósforo para os solos podem-se destacar os minerais do grupo da apatita, fosfato tricálcico fluorífero ou clorífero, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl})$, que ocorrem nas rochas eruptivas, metamórficas e nos pegmatitos, em forma de grandes cristais (Guerra, 1993). Do ponto de vista geográfico podemos citar as reservas localizadas nos municípios de Monteiro (PB), Ipirá (BA), Ipanema, Jacupiranga, Guaviruna (SP) e em Araxá (MG). A fluoroapatita, mineral de fósforo mais comum, é classificada entre os minerais mais facilmente intemperizáveis; assim, raramente ocorre em sedimentos (Almeida, 1979). No estado de Pernambuco tem-se encontrado a variedade denominada fosforita (fosfatos de cálcio), de origem sedimentar, de composição semelhante a da apatita, porém amorfa e proveniente de organismos marinhos (Guerra, 1993; Curi *et al.*, 1993).

Devido a ação dos processos intempéricos (hidrólise, oxidação/redução e dissolução) o fósforo, constituinte dos minerais e rochas, vai progressivamente sendo liberado da estrutura cristalina e entra em equilíbrio com a solução do solo (Walker e Adams, 1959; Walker & Syers, 1976).

O fósforo em solução pode ter vários destinos; ser perdido por lixiviação, ser adsorvido pelos colóides do solo ou ser absorvido pelos vegetais e/ou microorganismos, deixando assim de fazer parte do reservatório inorgânico para ser constituinte da fração orgânica (Stewart & Tiessen, 1987).

Os teores de fósforo na solução do solo são em geral baixos, de ordem de $0,1\mu\text{g/g}$; isto deve-se à baixa solubilidade dos compostos de fósforo e à alta capacidade de adsorção deste elemento pelos colóides do solo (Raij, 1991). Quanto a forma iônica pode apresentar-se como íon ortofosfato, forma derivada do ácido ortofosfórico, H_3PO_4 , dependendo das condições de pH, ou ainda como ânions H_2PO_4^- ou $\text{HPO}_4^{=}$, sendo que os dois últimos são os de maior ocorrência nos solos brasileiros (Raij, 1991). Dependendo das condições de pH do meio o fósforo pode vir a se combinar com diferentes metais, como o cálcio, ferro ou alumínio, e ainda a matéria orgânica .

Uma vez liberado da estrutura cristalina dos minerais de origem o íon fosfato pode apresentar-se como ânion solúvel, na sua forma lábil ou não lábil. O fósforo lábil está em equilíbrio dinâmico com o fósforo da solução. Ele é representado por formas meta-estáveis, de compostos de fósforo não cristalizados, sendo sua determinação analítica feita através de troca isotópica com fósforo radioativo (Raij, 1987). O fósforo não-lábil, que constitui a maior parte do fósforo inorgânico do solo, é representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem transformar-se em formas lábeis.

2.1 - Adsorção dos íons fosfato

Os íons fosfato, liberados através da decomposição da matéria orgânica, da ação do intemperismo e da dissolução de fertilizantes, sofrem várias reações no solo, destacando-se as de adsorção e precipitação (Almeida, 1979).

A adsorção pode ser definida como o processo pelo qual átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de sólidos por intermédio de ligações físicas ou químicas (Curi *et al.*, 1993). No caso dos íons fosfatos, o principal tipo de interação envolvida é a denominada adsorção específica, onde há troca de íons fosfato por ligantes OH⁻ e OH₂ da superfície de óxidos. A união deste íon aos átomos de Fe ou Al é feita através de ligações do tipo pontes de hidrogênio.

Este fenômeno de adsorção, comumente denominado de ‘fixação’ ou ‘retenção’, refere-se ao processo pelo qual o fósforo adicionado ao solo torna-se, com o tempo, menos solúvel e, conseqüentemente, menos disponível para as plantas. O fenômeno envolve uma série de reações, normalmente referidas como precipitação (formação de nova fase ou composto definido), adsorção (reação na interfase sólido/solução) e absorção (penetração da fase a ser adsorvida para o interior da fase adsorvente) (Ker, 1995).

A adsorção de fosfato em solos ácidos têm sido investigada por muitos pesquisadores, cujos resultados indicam estar este fenômeno associado a presença de óxidos de ferro e alumínio (Syers *et al.*, 1971; Kamprath, 1977; Bahia Filho, 1982; Peña & Torrent, 1984; Dick, 1986; Ker, 1995). O fenômeno

parece ser complexo e envolver várias reações de ordem física e química, normalmente referidas como fases rápida e lenta (Ker, 1995).

Na fase rápida, o fósforo solúvel adicionado ao solo reage imediatamente com grupamentos ativos da superfície dos óxidos e/ou argilominerais. A adsorção é então explicada, principalmente, pela formação de um complexo bidentado, através de uma reação de troca de ligantes, na qual cada íon fosfato desloca um par de hidroxilas da superfície. Tal estrutura, sob o ponto de vista químico, é forte e altamente estável, sendo que a retenção de fosfato segundo este mecanismo é dita ‘adsorção específica’ ou ‘química’ (Atkinson *et al.*, 1972; Parfitt, 1979; Dick, 1986; Ker, 1995).

Posteriormente a esta fase, o processo de adsorção continua a ocorrer porém agora em sítios menos ativos energeticamente, apresentando o complexo formado ligações mais brandas, sendo o fósforo considerado como disponível para as plantas e denominado fósforo lábil (Larsen, 1967; Ker, 1995).

A segunda fase, ou fase lenta de adsorção, é caracterizada pela penetração, ou difusão dos íons fosfatos nas imperfeições das estruturas cristalinas, onde o fósforo torna-se cada vez menos disponível às plantas (Barrow, 1985; Ker, 1995). A este tipo de ligação são atribuídas várias denominações: fósforo fixado, fósforo não lábil, fósforo não diretamente em equilíbrio com o P em solução (Parfitt, 1989; Ker, 1995).

Várias propriedades do solo afetam a capacidade de adsorção de fósforo, sendo as mais importantes: textura, tipo e proporção de minerais na fração argila, pH do solo e presença de ânions que possam competir com o íon fosfato (Goedert, 1985; Dick, 1986; Ker, 1995).

O teor de argila tem apresentado uma boa correlação com a adsorção máxima de fosfatos (Leal & Velloso, 1973; Novais & Kamprath, 1979; Ibia & Udo, 1993); especialmente, tratando-se de amostras de camadas superficiais de solo. Porém, dados divergentes foram encontrados por Ker (1995), ao testar esta correlação para horizontes B de Latossolos. Este autor verificou que a capacidade máxima de adsorção de íons fosfatos não correlacionava-se com os teores de argila, sugerindo que o fenômeno estaria mais relacionado com a qualidade (especiação) que com a quantidade de argila. Já Novais & Kamprath (1979), estudando adsorção de fósforo em Ultisols do estado da Carolina do Norte, E.U.A, verificaram correlação entre o teor de argila e adsorção de fósforo a 10% de significância.

O papel desempenhado pela matéria orgânica é ambivalente, já que ela tanto pode adsorver o fósforo como também bloquear os sítios de adsorção que ocorrem nas superfícies das argilas e dos óxidos de ferro e alumínio (Lopez-Hernandez, 1979).

Correlações positivas entre a capacidade de adsorção de fósforo e o conteúdo de matéria orgânica são verificadas por vários autores (Leal & Velloso, 1973, Lopes & Cox, 1979). Porém, outros, (Leaver & Russel, 1957; López-Hernandez, 1974; Ibia & Udo, 1993), observaram haver correlações negativas quanto a capacidade de adsorção de fósforo e o teor de matéria orgânica, atribuindo este resultado à concorrência entre os ânions orgânicos e os íons fosfato pelos sítios de adsorção.

Como têm sido demonstrado em vários estudos (Syers *et al.*, 1971; Juo & Fox, 1977; Lin *et al.*, 1983; McLaughlin, 1981; Parfitt, 1989) o fenômeno de adsorção de fósforo envolve uma reação que está mais estreitamente relacionada à área superficial dos colóides que a sua abundância. Apesar disto,

ainda não estabeleceu-se um consenso quanto a capacidade de adsorção de fósforo pelos diferentes minerais envolvidos no sistema solo.

Jones (1981) observou que a goethita e seu grau de cristalinidade desempenham um papel relevante na sorção de fósforo. A gibbsita mostrou ser um fator de importância secundária, enquanto que a hematita praticamente não influenciou na adsorção de fósforo. McLaughlin *et al.* (1981) obtiveram a seguinte ordem decrescente de capacidade de adsorção de fósforo em relação a mineralogia do solo: Hematita>Goethita>Gibbsita>Caulinita; ainda que as áreas das superfícies não tenham diferido significativamente entre si.

Estudos mais recentes têm revelado o papel importante da gibbsita na sorção de fósforo em Latossolos brasileiros, devido à sua ocorrência em grandes quantidades em alguns destes solos. Assim sua contribuição em termos de adsorção total pode ultrapassar àquela dos óxidos de ferro (Bahia Filho, 1982; Dick, 1986; Curi *et al.*, 1988; Mesquita Filho & Torrent, 1993; Ker, 1995). O efeito da gibbsita, entretanto, tem sido mais avaliado no que diz respeito à quantidade do que sua qualidade.

Ker (1995) observou que os percentuais de goethita e principalmente de gibbsita correlacionaram-se significativamente com a capacidade de adsorção de fósforo, indicando, que a forma aluminosa parece ser mais efetiva na sorção. A hematita não apresentou correlação com a capacidade de adsorção de fósforo sugerindo a pouca efetividade deste mineral no processo.

De maneira geral, entretanto, a seguinte ordem tem sido mencionada: minerais 2:1<minerais 1:1<gibbsita<hematita< ou >goethita<alofana; onde as formas de menor cristalinidade tendem a ser mais ativas (Syers *et al.*, 1971; Parfitt, 1978; McLaughlin *et al.*, 1981; Parfitt, 1989).

Peña & Torrent (1984) constataram que a adsorção de fósforo na fração terra fina de 27 Alfissols esteve mais relacionada com o teor de óxidos de

ferro livre (%Fed) ($r^2 = 0,811$) do que com o tipo de óxido; porém, entre os dois minerais de ferro, a goethita ($r^2 = 0,616$) mostrou ser um agente adsorvente mais eficiente que a hematita ($r^2 = 0,209$).

Khalid *et al.* (1977), estudando em solos alagados propriedades associadas à sorção de fósforo, como conteúdo de argila, carbono total, fósforo extraível, pH e ferro extraído com oxalato-ácido de amônio (Feo), observaram mais estreita correlação entre o fósforo adsorvido e o Feo, concluindo que óxidos e hidróxidos menos cristalinos têm um importante papel na retenção de fósforo nos solos hidromórficos. Segundo esses autores, provavelmente a grande área superficial gerada pela transformação das formas férricas em formas mais reativas seja o fator responsável pela elevada sorção de fósforo sob condições reduzidas.

Skukla *et al.* (1971) observaram que em sedimentos ácidos a maior proporção de fósforo adsorvido esteve relacionada com o teor de óxidos de ferro com baixo grau de cristalinidade (Feo). Estes autores sugerem a possibilidade da sorção do fósforo inorgânico ser feita por um complexo de material coloidal, consistindo principalmente por óxido de ferro hidratado com pequenas quantidades de matéria orgânica e Al_2O_3 precipitado, associado à $Si(OH)_4$ e fósforo.

2.2 - Isotermas de adsorção

O fenômeno da adsorção de fosfato pode ser estudado analiticamente pelo emprego das isotermas de adsorção. Este modelo descreve as relações de equilíbrio entre a quantidade do elemento adsorvido e a quantidade remanescente na solução final, sendo útil para quantificar a adsorção de íons

fosfato ao solo. Dentre os modelos de isotermas mais usados, destacam-se às de: Freundlich, Temkin e Langmuir.

A isoterma de Freundlich é expressa pela $x = ac^b$ ou, em forma linear, $\log x = \log a + b \log c$, em que x é a quantidade de fósforo adsorvido por unidade de peso de solo; c é a concentração de fósforo na solução e a e b são constantes que variam com propriedades dos solos. Esta isoterma é puramente empírica e as constantes a e b não têm significado físico-químico (Almeida, 1979).

A isoterma de Temkin, baseia-se no fato de a afinidade existente do íon pela superfície adsorvente decrescer linearmente com o aumento da adsorção. Ela é representada pela equação $x/m = A \ln C_e + B$, onde x/m é a quantidade do íon adsorvido e A e B são constantes.

A isoterma de Langmuir pode ser representada pela equação: $c/x/m = 1/Kb + c/b$, onde c é a concentração final na solução; x/m é a quantidade do elemento adsorvido em miligramas por grama de solo; b é a adsorção máxima e k uma constante relacionada à energia de ligação do íon ao solo.

Embora seja largamente utilizada, a equação de Langmuir apresenta certas limitações, já que na sua derivação supõe-se uma superfície homogênea sem interação entre as moléculas adsorvidas que nela formam uma monocamada (Syers *et al.*, 1971).

A maior vantagem do uso dessa equação está na possibilidade de calcular-se um máximo de adsorção e um termo relativo de energia de ligação, segundo Watanabe, citado por Syers *et al.*(1971).

O valor da adsorção máxima de fosfato em solos têm sido empregado como uma estimativa da quantidade desse nutriente que deve estar presente

para condicionar o crescimento máximo de plantas (Novais & Kamprath, 1979). No Brasil o valor da adsorção máxima de fósforo tem sido usado como índice da fertilização fosfatada (Novais & Kamprath, 1979). Alguns trabalhos mostram que a maior produção é obtida quando a dose de fósforo aplicada nos solos varia entre 0,4 a 1,3 do valor da adsorção máxima dos solos (Braga & Defelipo, 1972; Bahia Filho & Braga, 1975; Almeida Neto & Brasil Sobrinho, 1977).

3 - Material e Métodos

3.1 - Material

Para o estudo da adsorção de fósforo foram utilizadas amostras dos horizontes superficial (A ou H) e subsuperficial (B ou C) de perfis de solos do Estado do Rio de Janeiro, objeto de teses realizadas no Departamento de Solos da UFRRJ.

Os perfis foram agrupados de acordo com a natureza do material de origem, definidos a seguir:

Grupo I - Perfis formados a partir de rochas granito-gnáissicas ou pelo produto do intemperismo destas.

Grupo II - Corresponde aos solos que possuem os sedimentos da Formação Barreiras como material de origem.

Grupo III - Abrange os perfis que apresentam como material de origem sedimentos aluviais.

Grupo IV - Formado por perfis que possuem sedimentos coluviais como principal material de origem.

3.2 - Métodos

Pesou-se 0,5g das amostras de terra e estas foram equilibradas em frascos de 25ml com 12,5 ml de solução 0,02 M KCl e soluções de fósforo nas seguintes concentrações: 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 16 e 20 $\mu\text{g/ml}$. Em todas as amostras foi adicionada água destilada, obtendo-se um volume final de 25 ml. As amostras foram homogeneizadas em agitador horizontal durante 24 horas, após este tempo foram retirados 5 ml do sobrenadante e o fósforo em equilíbrio foi determinado por colorimetria (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

A partir dos dados obtidos, foram construídas isotermas de adsorção utilizando-se o modelo de Langmuir, plotando-se a quantidade de fósforo adsorvido e a concentração na solução de equilíbrio. Com base em análise da regressão linear foi obtida a adsorção máxima ($P_{\text{máx}}$).

Com os resultados obtidos foram testadas correlações lineares simples entre $P_{\text{máx}}$ e as seguintes características dos solos: teor de argila, conteúdo de carbono orgânico, k_i e superfície específica. Também foram analisadas relações entre $P_{\text{máx}}$ e as formas extraíveis de ferro e alumínio.

4 - Resultados e Discussão

Os resultados encontrados demonstram que houve grande variação na capacidade máxima de adsorção de fósforo (P máx) entre os horizontes superficiais e subsuperficiais dos diferentes grupos de solos estudados. Para o horizonte superficial (A ou H) os valores de P máx variaram entre 200 e 720 $\mu\text{g/g}$ de P no solo, já para os horizontes subsuperficiais (B e C) os valores situaram-se entre 186 e 794 $\mu\text{g/g}$ de P (Tabela 1)

Almeida (1979), trabalhando com amostras oriundas de diferentes classes de solos do Estado do Rio de Janeiro, observou distribuição similar a encontrada para os diferentes grupos de solos, quanto à capacidade de adsorção de P, no horizonte superficial.

Considerando todos os perfis, o grupo que apresentou os maiores valores médios de P máx, foi àquele que possui como material de origem o substrato granito-gnáissico (Grupo I), enquanto os solos desenvolvidos a partir dos sedimentos da Formação Barreiras (Grupo II) apresentaram os menores valores de P máx. Os perfis desenvolvidos dos sedimentos coluviais e aluviais apresentaram valores similares quanto a capacidade de adsorção de P e estes valores são intermediários aos verificados para os Grupos I e II .

Tabela 1 - Capacidade máxima de adsorção (P_{máx}) e algumas propriedades físicas e químicas dos perfis.

| Perfil | Horizonte | Argila g/kg | SiO ₂ /Al ₂ O ₃ ⁽¹⁾ | Se ⁽²⁾ m ² /kg | P _{máx} μg/g |
|--|-----------|----------------|---|---|--------------------------|
| Grupo I - Material de Origem - Granito/Gnaiss | | | | | |
| P1/LVA | Aep | 540 | 0,80 | 0,27 | 620 |
| | Bw2 | 620 | 0,82 | 0,23 | 794 |
| P2/PVA | Aep | 300 | 2,09 | 0,30 | 390 |
| | Bt2 | 430 | 1,56 | 0,23 | 523 |
| P3/PVA | Ap | 300 | 1,89 | 0,19 | 452 |
| | Bt2 | 530 | 1,56 | 0,23 | 523 |
| Grupo II - Material de Origem - Formação Barreiras | | | | | |
| P4/PA | Ap | 140 | 1,91 | 0,10 | 280 |
| | Bt2 | 390 | 1,96 | 0,18 | 186 |
| P5/LA | Ap | 370 | 2,09 | 0,17 | 342 |
| | Bw | 490 | 2,02 | 0,18 | 186 |
| P6/LA | Ap | 250 | 2,02 | 0,19 | 373 |
| | Bw2 | 380 | 1,95 | 0,19 | 203 |
| P7/PA | Ap | 170 | 2,15 | 0,25 | 200 |
| | Bt2 | 460 | 1,95 | 0,16 | 302 |
| Grupo III - Material de Origem - Sedimentos Aluviais | | | | | |
| P8/C | Ap | 360 | 2,05 | 0,20 | 550 |
| | Bi2 | 480 | 2,10 | 0,20 | 446 |
| P9/C | Ap | 430 | 2,30 | 0,21 | 513 |
| | Bi2 | 460 | 2,24 | 0,22 | 520 |
| P10/GHS | Hp | 620 | 1,80 | 0,63 | 720 |
| | Cg2 | 790 | 1,57 | 0,41 | 446 |
| P11/GPH | Ap | 630 | 1,90 | 0,66 | 699 |
| | Cg2 | 690 | 1,90 | 0,33 | 486 |
| Grupo IV - Material de Origem - Sedimentos Coluviais | | | | | |
| P12/PA | Ap | 220 | 1,20 | 0,23 | 340 |
| | Bt2 | 550 | 1,46 | 0,27 | 530 |
| P13/PA | Ap | 160 | 2,09 | 0,26 | 250 |
| | Bt2 | 580 | 1,81 | 0,23 | 489 |
| P14/PA | Ap | 250 | 1,78 | 0,16 | 361 |
| | Bt2 | 540 | 1,72 | 0,30 | 486 |
| P15/PL | Ap | 90 | 2,16 | 0,21 | 220 |
| | Bt2 | 420 | 1,75 | 0,30 | 391 |

(1) Relação ki.

(2) Superfície específica.

4.1 - Adsorção de fósforo e correlações com propriedades dos solos

A análise conjunta da variável teor de argila, para os horizontes superficiais (Tabela 2) demonstrou existência de correlação significativa a nível de 1% de probabilidade entre $P_{máx}$ e esta propriedade ($r = 0,95^{**}$).

Tabela 2 - Coeficiente de correlação linear entre $P_{máx}$ e algumas propriedades do horizonte superficial.

| Variável | Grupos de solos | | | | |
|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Todos | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV |
| Argila | 0,95 ^{**} | 0,96 [*] | 0,64 _{ns} | 0,93 [*] | 0,97 ^{**} |
| Carb.Org. ⁽¹⁾ | 0,61 ^{**} | 0,69 _{ns} | 0,93 [*] | 0,75 _{ns} | -0,02 _{ns} |
| ki | -0,24 _{ns} | -0,99 ^{**} | -0,33 _{ns} | -0,93 [*] | -0,51 _{ns} |
| S.e ⁽²⁾ | 0,65 ^{**} | -0,007 _{ns} | -0,36 _{ns} | 0,98 ^{**} | 0,92 [*] |

Carb.Org. - Teor de Carbono Orgânico.

S.e - Superfície Específica.

** - significativo a 1% de probabilidade.

* - significativo a 5% de probabilidade.

ns - não significativo

Os coeficientes de correlação demonstram haver uma associação significativa entre a capacidade de adsorção de fósforo e o conteúdo de argila das amostras. Este comportamento coincide com os resultados de outros estudos que encontraram correlações positivas e significativas entre estas propriedades (Leal & Velloso, 1973; Almeida, 1979; Lopes & Cox, 1979; Peña & Torrent, 1984).

A análise dos grupos isolados, para os horizontes superficiais, apresentou significância a nível de 5% para os solos do Grupo I ($r = 0,96^*$) e

Grupo III ($r = 0,93^*$) e a 1% para os solos do Grupo IV ($r = 0,97^{**}$), não sendo observada correlação entre $P_{\text{máx}}$ e teor de argila para os solos do Grupo II.

Uma possível explicação para o comportamento dos perfis do Grupo II é que a caulinita é o principal constituinte da fração argila. Este mineral apresenta baixa capacidade de adsorção de P, quando comparado aos demais devido ao fato de somente apresentar capacidade de adsorção nos grupamentos Al-OH e AlOH_2^+ , que ocorrem em suas bordas, os quais são pouco expressivos no processo de sorção, quando comparados àqueles existentes na superfície dos óxidos (Chuang *et al.*,1992). Além disto, a caulinita pode associar-se ao óxidos de Fe e Al, resultando na redução dos sítios passíveis de adsorção

Quanto aos teores de carbono orgânico, para os horizontes superficiais, foi observada correlação entre esse parâmetro e $P_{\text{máx}}$ ($r = 0,61^{**}$), indicando que nestes horizontes a matéria orgânica é tão importante quanto os teores de argila no processo de adsorção de P (Tabela 2).

Quanto aos grupos isolados, observa-se correlação significativa entre carbono orgânico e $P_{\text{máx}}$, apenas para os horizontes superficiais do Grupo II ($r = 0,93$). Em consequência do predomínio de caulinita nos solos deste grupo, pode-se verificar uma maior contribuição da matéria orgânica no processo de adsorção de P.

Para os todos os solos e horizontes verifica-se correlação negativa entre $P_{\text{máx}}$ e k_i (Tabela 2). O sinal negativo da correlação sugere que o aumento do caráter gibbsítico (menor k_i) parece exercer importante papel na sorção de P,

estando este resultado de acordo com outros observados em literatura (Dick, 1986; Curi *et al.*, 1988, Ker, 1995).

Entre os diferentes grupos, observa-se que para os solos do Grupo I existe uma elevada correlação entre o valor k_i e $P_{\text{máx}}$ ($r = -0,99^{**}$), a nível de 1% de significância, demonstrando que o aumento do carácter gibbsítico proporciona aumentos na capacidade de adsorção de P. Este dado é corroborado pelos valores das correlações encontradas entre os teores de alumínio e $P_{\text{máx}}$ (Tabela 4).

A mesma relação entre o valor k_i e $P_{\text{máx}}$ pode ser verificada para os solos do Grupo III, uma possível explicação para tal comportamento é que, os horizontes superficiais dos perfis destes grupos apresentam os maiores conteúdos de argila, quando comparados aos demais, proporcionando desta maneira uma melhor expressão da relação k_i quanto à capacidade de adsorção de P. Nos solos em que a textura superficial é mais arenosa (Grupo II e Grupo IV) os altos teores de quartzo (SiO_2) interferem na análise total do teor de sílica pelo ataque sulfúrico, consequentemente na interpretação do índice k_i .

Na análise conjunta de todos os solos foi constatada correlação significativa e positiva entre os valores de superfície específica e $P_{\text{máx}}$, nos horizontes superficiais (Tabela 2). Entre os grupos isolados, somente para os pertencentes aos Grupos III e IV, verificou-se correlação entre $P_{\text{máx}}$ e Se. Nestes, os elevados conteúdos de matéria orgânica no horizonte superficial contribuem para o aumento da superfície específica e, com isto, para um aumento na capacidade de adsorção de P.

Os maiores valores de Se foram observados para os horizontes superficiais dos perfis P10 e P11 (Grupo III), que apresentam maiores teores

de matéria orgânica quando comparados aos demais. Os solos do Grupo II foram os que apresentaram menores valores de Se, justificado pelo predomínio de caulinita como principal mineral da fração argila.

Embora o fenômeno de sorção de fósforo pelo solo mantenha uma estreita relação com a área presente na fração argila (Palmieri, 1986; Fontes, 1988; Torrent *et al.*, 1990), vários estudos têm demonstrado que este processo é muito complexo, para ser somente explicado pela área superficial dos minerais na fração argila.

Na análise da correlação entre $P_{\text{máx}}$ e o teor de argila para todos os horizontes subsuperficiais (Tabela 3) observou-se o mesmo comportamento verificado para essas propriedades no horizonte superficial. Porém nos horizontes subsuperficiais, o valor da correlação apresentou-se menor ($r = 0,49^*$), quando comparado ao observado para o superficial, sendo constatada significância somente a 5% de probabilidade. A redução do valor da correlação pode ter sido afetada pelo fato destes horizontes, no conjunto, apresentarem pequena variação no teor de argila, enquadrando-se nas classes texturais argilosa ou muito argilosa.

Analisando os grupos de solos, para os horizontes subsuperficiais, somente os solos do Grupo IV apresentaram correlação significativa ($r = 0,89^*$), a nível de significância de 5%, entre os valores de $P_{\text{máx}}$ e o teor de argila.

Embora o comportamento observado para o horizonte subsuperficial não esteja de acordo com a maioria dos trabalhos relacionando a capacidade de adsorção de fósforo e o teor de argila, existe discordância sobre esses resultados e, em alguns estudos, foi observado que o teor de argila parece

influenciar pouco na capacidade de adsorção de P (Fassbender, 1966; Dick, 1986; Curi *et al.*, 1988; Ker, 1995). Sugere-se, portanto, que outro aspecto da fração argila, além do seu teor, interfira na capacidade de adsorção. As correlações observadas para os horizontes subsuperficiais corroboram ainda a hipótese levantada por Ker (1995) sobre a dependência da qualidade (especiação) e não quantidade de argila.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e algumas propriedades do horizonte subsuperficial.

| Variável | Grupos de solos | | | | |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | Todos | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV |
| Argila | 0,49* | 0,63 _{ns} | 0,60 _{ns} | 0,42 _{ns} | 0,89* |
| Carb.Org. | 0,007 _{ns} | 0,42 _{ns} | -0,42 _{ns} | -0,13 _{ns} | 0,04 _{ns} |
| ki | -0,71** | -0,99** | -0,13 _{ns} | -0,72 _{ns} | -0,88* |
| S.e | 0,35 _{ns} | 0,99** | 0,71 _{ns} | 0,09 _{ns} | 0,64 _{ns} |

Carb.Org. - Teor de Carbono Orgânico.

S.e - Superfície Específica.

** - significativo a 1% de probabilidade.

* - significativo a 5% de probabilidade.

ns - não significativo

Para os horizontes subsuperficiais, a não existência de correlação entre P_{máx} e o teor de carbono (Tabela 3) sugere que os baixos conteúdos da fração orgânica e, provavelmente, o grau de transformação de seus compostos, não estão influenciando na adsorção de P.

Quanto aos valores de k_i , verificou-se correlações entre esse valor e $P_{\text{máx}}$ para o conjunto de solos e para os Grupos I e IV, diferindo dos resultados observados nos horizontes superficiais e coerentes com o maior caráter gibbsítico destes solos.

A análise dos dados de superfície específica (Tabela 3) mostra que houve uma pequena variação desta entre os diferentes grupos de solo e isto, provavelmente, deve-se a relativa homogeneidade da mineralogia da fração argila dos solos estudados.

Para os horizontes subsuperficiais, somente foi observada correlação entre $P_{\text{máx}}$ e S_e para os solos do Grupo I. Este é formado por solos mais intemperizados quando comparados aos demais, apresentando a gibbsita e goethita como constituintes principais da fração argila. Portanto, devido a maior área superficial destes minerais, têm-se uma maior contribuição desses no processo de sorção de P. No horizonte superficial o efeito complexante dos colóides orgânicos não permitiu a expressão dos óxidos de Al e Fe como adsorbatos.

Através da análise dos resultados encontrados para P_{max} pode-se verificar, no horizonte superficial, que as melhores correlações foram observadas entre o teor de argila e o conteúdo de carbono orgânico, atributos a serem considerados para a melhor maximização da adubação fosfatada. No horizonte subsuperficial, P_{max} apresentou maiores valores do coeficiente de correlação para o k_i e o percentual de argila. Destacando-se, nos solos dos Grupos II e III, a não significância para todas as propriedades analisadas.

4.2 - Adsorção de fósforo e formas extraíveis de ferro e alumínio.

Quanto aos teores de ferro total (Fet), todos os perfis apresentam baixos conteúdos deste elemento (Anexo 1), sendo o maior valor (10,3% Fe₂O₃) encontrado no Latossolo Vermelho-Amarelo (P1). Em todos os perfis os teores de alumínio (Al₂O₃) foram superiores aos encontrados para o ferro, justificado pela presença da gibbsita como principal óxido de alumínio presente na fração argila, conforme verificado nos difratogramas de raio-x (Capítulo I).

No conjunto de todos os solos observou-se, para o horizonte superficial, significância a nível de 1% entre P_{máx} e as formas extraíveis de Fe (Fet, Fed e Feo) e Al (Alt, Ald e Alo) (Tabela 4). Nesses, verifica-se que os teores de alumínio (Alt e Ald) apresentaram maiores valores de correlação com o P_{máx} (0,87) do que as formas de ferro, Fet ou Fed, indicando a maior participação das formas de alumínio no processo de adsorção de fósforo.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e formas extraíveis de Fe e Al no horizonte superficial .

| Variável | Grupo de solos | | | | |
|--------------------|----------------|---------|----------|-----------|----------|
| | Todos | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV |
| Fet ⁽¹⁾ | 0,65** | 0,99* | 0,38ns | 0,90* | 0,95* |
| Fed ⁽²⁾ | 0,59** | 0,97* | 0,34ns | 0,86* | 0,95* |
| Feo ⁽³⁾ | 0,76** | 0,12ns | 0,53ns | 0,34ns | 0,89* |
| Alt ⁽¹⁾ | 0,87** | 0,99** | 0,74ns | 0,91* | 0,86* |
| Ald ⁽²⁾ | 0,79** | 0,99** | 0,62ns | 0,98* | 0,83* |
| Alo ⁽³⁾ | 0,70** | 0,99** | 0,16ns | 0,83* | 0,88* |

** - significativo a 1% de probabilidade.

* - significativo a 5% de probabilidade.

ns - não significativo

(1) Fe e Al extraídos com H₂SO₄.

(2) Fe e Al extraídos com ditionito citrato bicarbonato

(3) Fe e Al extraídos com oxalato ácido de amônio

Considerando os grupos isoladamente, observa-se, que para o horizonte superficial, nos solos dos Grupos I e III, Fet e Fed e os óxidos de alumínio nas suas diferentes formas (Alt, Ald e Alo) são os principais envolvidos no processo de adsorção de fósforo. Para os solos do Grupo II, não observa-se influência dos óxidos de ferro e alumínio na adsorção de fósforo. A menor capacidade de adsorção de P apresentada pelos solos da Formação Barreiras pode ser explicada pelo predomínio de caulinita e pela menor quantidade de sítios ativos, envolvidos no processo de sorção, existentes neste mineral.

De acordo com Chuang *et al.*, 1991, citado por Ker (1995), o papel da caulinita no processo de sorção é secundário em comparação com os componentes oxídicos.

Diferindo do comportamento dos demais grupos estudados, os solos do grupo IV apresentam valores de correlação mais estreitos entre P_{máx} e as formas de Fet ($r = 0,95^*$), Fed ($r = 0,95^*$) e Feo ($r = 0,90^*$), a nível de 5% de significância, sendo que os teores de alumínio também apresentaram-se significativos a este nível (Tabela 4).

Para os horizontes subsuperficiais (Tabela 5), também constata-se a existência de correlação significativa entre os teores de Fet, Alt e Ald e P_{máx}, para o mesmo nível de 1%, porém com menores valores para o conteúdo de alumínio, (0,66 e 0,65, respectivamente). Este comportamento corrobora a hipótese de que os óxidos de Fe e Al tem um papel efetivo no processo de sorção de P.

Quanto as formas extraíveis, verifica-se que apenas os teores de Alt e Ald, juntamente com os de Fet e Fed, tem influência significativa no processo de sorção de P. Não foi constatada existência de correlação para as formas de

baixo grau de cristalinidade (Feo e Alo) e P máx, ao contrário do ocorrido nos horizontes superficiais, quando avaliado o conjunto dos solos.

Estes resultados diferem dos encontrados em literatura, onde verifica-se que as formas Feo e Alo parecem contribuir no processo de sorção de P (Udo & Uzu, 1972; Juo & Fox, 1977).

Tabela 5 - Coeficiente de correlação linear entre P_{máx} e formas extraíveis de Fe e Al no horizonte subsuperficial.

| Variável | Grupo de solos | | | | |
|--------------------|----------------|---------|----------|-----------|----------|
| | Todos | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV |
| Fet ⁽¹⁾ | 0,66** | -0,30ns | 0,12ns | 0,81* | 0,96* |
| Fed ⁽²⁾ | 0,51* | 0,32ns | 0,11ns | 0,69* | 0,81* |
| Feo ⁽³⁾ | 0,12ns | 0,72ns | 0,57ns | 0,02 | -0,21ns |
| Alt ⁽¹⁾ | 0,65** | 0,62* | 0,57ns | 0,64* | 0,85* |
| Ald ⁽²⁾ | 0,67** | 0,91* | 0,73ns | 0,89* | 0,88* |
| Alo ⁽³⁾ | 0,14ns | 0,89* | -0,07ns | 0,25ns | 0,88* |

** - significativo a 1% de probabilidade.

* - significativo a 5% de probabilidade.

ns - não significativo

(1) Fe e Al extraídos com H₂SO₄.

(2) Fe e Al extraídos com ditionito citrato bicarbonato

(3) Fe e Al extraídos com oxalato ácido de amônio

Os resultados indicam que a atividade dos compostos de alumínio, em relação ao processo de fixação de fósforo, nestes solos, parece ser tão importante quanto a dos compostos de ferro, o que concorda com trabalhos Barrow (1967), Leal & Velloso (1973) e Lopes & Cox (1979). Corroborando ainda estudos mais recentes que tem destacado a maior interação entre os óxidos de Al e a sorção de P em Latossolos onde há ocorrência em maior quantidade de gibbsita, quando comparada aos óxidos de ferro (Bahia Filho, 1982; Dick, 1986; Mesquita Filho & Torrent, 1993).

Nos solos do Grupo I, verificou-se correlação entre P_{máx} e os teores de Alt, Ald e Alo, indicando que para os solos deste grupo no horizonte

subsuperficial, os óxidos de alumínio são os principais contribuintes no processo de adsorção de P (Tabela 5).

O horizonte subsuperficial dos solos do Grupo II apresentou comportamento similar ao observado para o horizonte superficial, não sendo verificada correlação significativa entre $P_{m\acute{a}x}$ e as diversas formas extraíveis de Fe e Al; o que também é explicado pela mineralogia caulinítica destes solos.

Nos solos do Grupo III, observa-se que, com exceção das formas menos cristalinas (Feo e Alo), todas as outras apresentaram correlações significativas com os valores de $P_{m\acute{a}x}$. Já para os solos do Grupo IV, foram verificadas correlações com Fet e Fed e com todas as formas dos compostos de alumínio (Alt, Ald e Alo).

Através da análise geral dos resultados pode-se constatar que as diferentes formas de ferro e alumínio, índices dos tipos de óxidos de Fe e Al no solo, correlacionam-se com os valores de $P_{m\acute{a}x}$, comprovando a hipótese de que estes óxidos podem ser utilizados como índices de adsorção de fósforo.

Pode-se observar que nos solos dos Grupos I, III e IV, para os horizontes superficiais, os óxidos de alumínio e ferro (Fet e Fed) apresentaram estreitas correlações com os valores de $P_{m\acute{a}x}$, indicando que quanto maior o conteúdo destes óxidos, maior será a capacidade de adsorção de P. Para os horizontes subsuperficiais, o mesmo comportamento foi observado, porém, nestes as formas menos cristalinas de Fe e Al parecem não estar participando efetivamente no processo de adsorção.

Os solos de tabuleiro, Grupo II, não apresentaram correlação entre as formas extraíveis de Fe e Al e $P_{m\acute{a}x}$, indicando que, para solos de natureza

caulinítica, os óxidos de ferro e alumínio, não são efetivos como índices de adsorção de P.

Comparando se as tabelas 4 e 5, verifica-se que as melhores correlações entre as formas extraíveis de ferro e alumínio e $P_{\text{máx}}$ ocorreram nos horizontes superficiais, indicando que nestes os teores de Fe e Al são mais efetivos no como indicadores de sorção de P.

Através da análise das diferenças entre os grupos pode-se verificar que os solos que possuem como material de origem o substrato granito-gnáissico ou os sedimentos aluviais e coluviais, apresentaram correlações significativas entre as formas extraíveis de ferro e alumínio e $P_{\text{máx}}$. O mesmo não foi observado para àqueles perfis originados a partir dos sedimentos da Formação Barreiras.

As informações apresentadas parecem justificar a separação dos solos em mais cauliníticos ou mais oxídicos. Tal divisão poderia ainda basear-se nas formas extraíveis de Fe e Al, utilizando-as como índices de adsorção de P e na orientação das práticas a serem utilizadas no manejo da adubação fosfatada.

5 - Conclusões

Considerando todos os perfis, o grupo que apresentou os maiores valores médios de P máx foi àquele que possui como material de origem o substrato granito-gnássico (Grupo I), enquanto os solos desenvolvidos a partir dos sedimentos da Formação Barreiras (Grupo II) apresentaram os menores valores de P máx. Os perfis desenvolvidos dos sedimentos coluviais e aluviais apresentaram valores similares quanto a capacidade de adsorção de P, e estes valores são intermediários aos verificados para os Grupos I e II .

Através da análise dos resultados encontrados para Pmax pode-se verificar, no horizonte superficial, que as melhores correlações foram observadas entre o teor de argila e o conteúdo de carbono orgânico, atributos a serem considerados para a maximização da adubação fosfatada.

No horizonte subsuperficial, P máx apresentou maiores valores do coeficiente de correlação para k_i e o percentual de argila. Destacando-se, nos solos do Grupo II e III, a não significância para todas as propriedades analisadas.

À exceção dos solos do Grupo II, Formação Barreiras, as diferentes formas extraíveis de ferro e alumínio, índices dos óxidos pedogênicos, apresentam correlações significativas com o valor P_{max} nos perfis examinados. Ainda, devido a melhor expressão desses valores no horizonte superficial, os óxidos pedogênicos podem ser utilizados como índices de adsorção de P e para recomendação de manejo da adubação fosfatada, na maioria dos solos.

6 - Referências Bibliográficas.

Almeida, D. L. Avaliação de métodos de determinação de fósforo disponível em solos do Estado do Rio de Janeiro. Tese de Mestrado. 62p. 1979.

Almeida Neto, J. X. & Brasil Sobrinho, M. O. C. - Fixação de fósforo em três solos sob cerrado de Goiás. R. bras. Ci. Solo, 1: 12 - 15. 1977.

Atkinson, R.J.; Posner, A. M.; Quirk, J.P. Kinetics of isotopic exchanges of phosphate at the α - FeOOH - aqueous solution interface. J Inorg. Nucl. Chem., London, 34: 2201-2211. 1972.

Bahia Filho, A. F. C. Índices de disponibilidade de fósforo em latossolo do planalto central com diferentes características texturais e mineralógicas. Viçosa, MG, UFV. Tese de Doutorado. 179p. 1982.

Bahia Filho, A. F. C. & Braga, J. M. - Fósforo em latossolos do Estado de Minas Gerais. III. Índices de disponibilidade de fósforo e crescimento vegetal. Experimentiae, 20: 217 - 234. 1975.

Barrow, N. J. - Relationship between uptake of phosphorus by plants and the phosphorus potential and buffering capacity of the soil. An attempt to test Schofield's hypothesis. *Soil Sci.* 104: 99- 106. 1967.

Barrow, N. J. Reaction of anions and cations with variable charge soils. *Adv. Agron.*, 38: 183 - 230. 1985.

Braga, J. M. & Defelipo, B.V. Relações entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado: I - Trabalhos de laboratório. *Ceres*, 19: 124 - 136. 1972.

Chuang, F.W. et al. Phosphate sorption by kaolinite and gibbsite. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.*, 30: 119 - 128. 1992.

Condon, L.M.; Moir, J.O.; Tiessen,H.; Stewart, J.W.B. Critical evaluation of methods for determining total organic phosphorus in tropical soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.54, p.1261-1266,1990.

Curi, N et al. Sorção de fósforo em materiais de latossolos do Brasil sudeste. In: Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola, 3. Anais... Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS,SBCS, p 267-282. 1988.

Curi, N. Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas, sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 90p, 1993.

- Dick, D. Caracterização de óxidos de ferro e adsorção de fósforo na fração argil de horizontes B latosólicos. Porto Alegre, RS, UFRGS. Tese de Mestrado. 196p. 1986.
- Fassbender, H. W. La adsorción de fosfato em suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitot. Lat. Am.*, 3: 203 - 216. 1966.
- Fontes, M. P. F. Iron oxide mineralogy in some brazilian oxisols. Raleigh, North Carolina State University. Tede de PhD. 175p. 1988.
- Goedert, W.J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1985.
- Guerra, A.T. Dicionário Geológico-Geomorfológico. IBGE, 411p. 1993.
- Ibia, T. O. & Udo, E. J. Phosphorus forms and fixation capacity of representative soils in Akwa Ibom State of Nigeria. *Geoderma*. 58: 95 - 106. 1993.
- Jones, R. C. X - ray diffraction line profile analysis vs. phosphorus sorption by 11 Puerto Rican soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 124: 370 - 376. 1981.

- Juo, A. S. R & Fox, R. L. Phosphate sorption characteristics of some benchmark soils of west Africa. *Soil Sci.*, Baltimore, 124: 370 - 376. 1977.
- Kamprath, E. J. Phosphorus fixation and availability in highly weathered soil. In: Ferri, MG., coord. Simpósio sobre o Cerrado; bases para utilização agropecuária, 4, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo, USP. p. 333-347. 1977.
- Ker, J.C. Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil. Tese de Doutorado. 181p. 1995.
- Khalid, R. A.; Patrick Júnior, W. H. & De Laune, R. D. Phosphorus in flooded and unflooded soil profiles and their relation to phosphorus adsorption. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 41: 305 - 310. 1977.
- Kiehl, E. J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba; Editora Agrônoma "Ceres". Ltda, 492p. 1985.
- Larsen, S. Soil phosphorus. *Adv. Agron.*, 19: 151 - 210, 1967.
- Leal, J.R.; Velloso, A.C.X. Adsorção de fosfato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia*, Brasília, v.8, p.81-88, 1973.

- Lin, C et al. Multifactor kinetics of phosphate reactions with minerals in acid soils. II. Experimental Curve Fitting. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 47: 1103 - 1109.
- Lopes, A. S.; Cox, F.R. Relação de características físicas químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3,p.82-88, 1979.
- McLaughlin, J. R.; Ryden, J.C.; Syers, J. K. Sorption of inorganic phosphate by iron -and - aluminium- containing components. *J. Soil Sci.*, London, 32: 365 - 377.
- Mendez, J. & Kamprath, E.J. Liming of latosols and the effect on phosphorus response. *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.* 42:86-88, 1978.
- Mesquita Filho, M., V. & Torrent, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of hidrossequence of soils from Cerrado Region (Brazil). *Geoderma*, 58: 107 - 123. 1993.
- Nascimento, R. A. M & Mazur, N. Apostilha de Fundamentos da Ciência do Solo. 1994.
- Novais, R. F & Kamprath, E. J. Parâmetros das isotermas de adsorção de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. *R. Bras. Ci. Solo.* 3: 37 - 41. 1979.

Palmieri, F. A study of climosequence of soil derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States, Brazil. West Lafayette. Purdue University. Tese PhD. 295p. 1986.

Parfitt, R. L. The nature of phosphate-goethite (α -FeOOH) complex formed with Ca $(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ at different surface coverage. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison. 43: 623 - 625.

Peña, F. & Torrent, J. Relationships between phosphate sorption and iron oxides in Alfisols from a river terrace of Mediterranean Spain. Geoderma, Amsterdam, 33: 283 - 296. 1984.

Raij, B. van. Fósforo: dinâmica e disponibilidade no solo. In: Curso de atualização em fertilidade do solo. Campinas. Fundação Cargill, p. 161 - 179. 1987.

Raij, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

Shukla, S. S. et al. Sorption of inorganic phosphate by lake sediments. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 35: 244 - 249. 1971.

Stewart, J. W. B.; Tiessen, H. Dynamics of soil organic phosphorus. Biogeochemistry, Netherlands, v. 4, p. 41-60, 1987.

Syers, J. K et al. Phosphate sorption parameters of representative soils from Rio Grande do Sul, Brasil. *Soil Sci.*, Baltimore, 112: 267 - 275. 1971.

Tate, K. R.; Speir, T. W.; Ross, D. J.; Parfitt, R. L.; Whale, K. N.; Cowling, J. C. Temporal variations in some plant and soil P pools in two pasture soils of widely different P fertility status. *Plant and Soil*, Dodrecht, v.132, p.219-232, 1991.

Torrent, J., Scwertmann, U.; Barrón, V. Fast and slow phosphate sorption by goethites differing in crystal morphology. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 1007 - 1012.

Udo, E. J. & Uzu, F. O. Characteristics of phosphorus adsorption by some Nigerian soils. *Soil Sci. Am. Proc.* 36: 879 - 883. 1972.

Walker, T.W.; Adams, A.F.R. Studies on soil organic mater: 3. Influence of increased leaching at various stages of weathering on leves of carbon, nitrogen, sulfur, organic and inorganic phosphorus. *Soil Science*, Baltimore, v.87,p.1-10. 1959.

Walker, T.W & Syers, J.K. The fate os phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*, Amsterdam, v.15, p.1-19,1976.

APÊNDICE

ANEXO 1

Perfil - 1 (LVA)

Data - 12/4/84.

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado e forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada Resende-Visconde de Mauá, 2,5km após a entrada para Penedo, lado direito da estrada. Resende, RJ. 22° 26'S e 44°31'W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Perfil descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, com 35 a 40% de declive sob pastagem.

ALTITUDE - 480 metros.

LITOLOGIA - Gnaisses bandeados ou laminados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Grupo Paraíba do Sul.

CRONOLOGIA - Pré-Cambriano Médio a Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produtos da decomposição das rochas supracitadas com retrabalhamento local.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Ondulado e forte ondulado.

RELEVO REGIONAL - Forte ondulado e montanhoso.

EROSÃO - Laminar e em sulcos, moderada com ocorrência de voçorocas.

DRENAGEM - Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Pastagem.

CLIMA - Cwa.

DESCRITO E COLETADO POR - H. G. dos Santos, E.P. Mothci, B. Calderano Filho, E.S. Mendonça, P.F.B. Kronka e P.A.L. Donda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_{ep} - 0-15 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/3,5, úmido) bruno-amarelo-escuro (10YR 4,5/5, úmido amassado) bruno-amarelado (10YR 5,5/4, seco) bruno-amarelado (10YR 5/5, seco destorroado); argila; moderada a forte muito pequena a média granular; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara.

AB - 15-30 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido amassado) amarelo-brunado (10YR 5,5/6, seco) bruno-amarelado (10YR 5/8 seco destorroado); argila; moderada, muito pequena a média, granular e fraca, muito pequena a média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável a muito friável, plástico e pegajoso, transição plana e gradual.

BA - 30-45 cm; bruno-forte (7,5YR 5/7); muito argiloso; fraca, muito pequena a média blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca, fraca a descontínua; ligeiramente duro a duro, friável a muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w1}- 45-75 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 5,5/8); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca, muito pequena a média, blocos subangulares e forte, ultrapequena, granular; cerosidade pouca, fraca e descontínua; ligeiramente duro a duro, friável a muito frável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w2}- 75-145 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 5,5/8); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca, muito pequena e pequena, blocos subangulares e forte, ultrapequena granular; cerosidade pouca, fraca e descontínua; ligeiramente duro a duro, friável a muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w3}- 145-205 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/7); argila; maciça porosa que se desfaz em fraca, muito pequena a pequena, blocos subangulares e forte ultrapequena, granular; ligeiramente duro a duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w4}- 205-310 cm; amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/8); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca, muito pequena e pequena, blocos subangulares e forte ultrapequena, granular; ligeiramente duro a duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w5}- 310-370 cm⁺, amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/8) muito argiloso; ligeiramente duro a duro, friável, plástico e pouco pegajoso.

Raízes - Abundantes em A_{ep}, muitas em AB, comuns em BA, poucas em B_{w1} e raras nos demais horizontes.
A partir de 255 cm de profundidade, usou-se o trado para coleta de parte do horizonte B_{w4} e todo o B_{w5}.
Intensa atividade biológica ao longo do perfil.

Perfil - 2 (PVA)

Data - 16/8/82.

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO TB ÁLICO A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - 1km após portão da UFRRJ, em direção à rodovia Presidente Dutra, entrando à direita 2,2 km em estrada secundária. Itaguaí, RJ 22°45'S e 43°41'W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Corte de arreamento (loteamento) em terço inferior de colina, com 70% de declive e sob vegetação de gramíneas.

ALTITUDE - 45 metros.

LITOLOGIA - Associação de biotita gnaisses, gnaisses granitóides, facoidais, porfiroblásticos e migmatitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Complexo Costeiro.

CRONOLOGIA - Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produtos da decomposição das rochas supracitadas, afetadas superficialmente por cobertura de retrabalhamento pouco distinto.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Laminar moderada.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifólia.

USO ATUAL - Área de loteamento.

CLIMA - Aw.

DESCRITO E COLETADO POR: M.N. Camargo, N.P.Tavares, M.da Conceição, E.S. Louzada, J.L.R. de Souza e J.O.I. Larach.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_{ep} - 0-14 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) bruno-acinzentado (10YR 5/3, seco); franco argiloso arenoso; moderada a forte, muito pequena a média, granular e grãos simples; ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.

E - 14-30 cm; bruno-amarelado (10YR 5/5, úmido) bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco); franco argilo arenoso com cascalho; fraca, pequena a média, granular com aspecto muito poroso; muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

2B_{t1} - 30-45 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido) vermelho (2,5YR 5/8, seco), mosqueado comum, médio e proeminente, com cor semelhante ao horizonte superior e alguns cinzentos; argila; moderada, muito pequena a média, blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e forte nas superfícies verticais; muito duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição ondulada e gradual.

2B_{t2} - 45-88 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido) amarelo-avermelhado (4YR 6/3, seco), mosqueado decorrente de cerosidade e alguns pontos de coloração semelhante ao horizonte E; argila; moderada, pequena a média, blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca a forte nas superfícies verticais; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

2BC - 88-108 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/7, úmido) amarelo-avermelhado (5YR 7/6, seco), mosqueado pequeno e difuso, de cores avermelhadas relacionadas à decomposição de minerais primários; franco argiloso; moderada, pequena a média, blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

2C_{r1} - 108-130 cm; amarelo-avermelhado (5YR 6/8, úmido) amarelo-avermelhado (5YR 7/8, seco), mosqueado comum, pequeno e proeminente, amarelo-claro-acinzentado (2,5YR 7/4) bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/4) e pouco, pequeno e distinto, vermelho (2,5YR 5/8); franco argiloso; fraca, pequena e média, blocos subangulares; duro; muito friável, plástico e pegajoso, transição descontínua e clara, localmente abrupta.

2C_{r2} - 130-147 cm; coloração variegada constituída de branco (2,5Y 8/2), amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/4), amarelo (10YR 7/7) amarelo-avermelhado (5YR 7/7) e vermelho (2,5YR 5,5/8); franco; saprólito de migmatito com estrutura e textura originais semiconservadas; duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual.

2C_{r3} - 147-190⁺ cm; amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/5, úmido) e cinzento-claro (2,5Y 7,5/2, seco), mosqueado comum, médio e distinto, branco (2,5Y 8/2) e amarelo (10YR 7/8) e pouco, pequeno e proeminente, vermelho (2,5YR 4/8); franco; saprólito de decomposição com estrutura e textura originais semiconservadas; duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes- Abundantes no A_{ep}, comuns no E, poucas no 2B_{t1} e raras no 2B_{t2}

Observações: A transição entre os horizontes E e B_{t1} se apresenta como muito estreitos horizontes A/B e B/A.

Presença de linha de pedra pouco evidente na parte inferior do horizonte E.

Muitos poros muito pequenos, pequenos e médios no A_{ep} e E; e poros comuns, muito pequenos e poucos médios nos demais horizontes.

Perfil - 3 (PVA)

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO EUTRÓFICO TB A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

SITUAÇÃO, DECLIVE - Trincheira situada no 1/3 superior de superfície convexa de encosta suave ondulada com 5% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Rochas do Pré-Cambriano CD.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Saprólito do material supra citado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado de topo arredondado.

EROSÃO - Laminar forte.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifólia.

USO ATUAL - Pasto sujo e reflorestamento com espécies nativas.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0-15cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 5/3, seco); franco argilo arenoso; fraca, pequena, granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

AB - 15-29 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) bruno-amarelado (10YR 5/4, seco) com presença de material bruno-amarelado (10YR5/8, úmido) amarelo-brunado (10 YR 6/8, seco); argilo arenosa; fraca, pequena, granular e fraco, muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

BA - 29-52 cm; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido) amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argila; moderada, pequena a média, blocos angulares; cerosidade pouca e fraca; muito duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

B_{t1} - 52-79 cm; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido) amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argila; moderada, pequena a média, blocos angulares; cerosidade pouca e fraca; muito duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

B_{t2} - 79-102 cm; vermelho-amarelo (5YR 5/6, úmido) e amarelo avermelhado (5YR 6/8 seco); argila; moderada, pequena e média, blocos angulares; cerosidade comum e moderada; muito duro, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

B_{t3} - 102-124 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido e 2,5YR 5/8, seco); argila; moderada, pequena e média, blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e moderada; muito duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual

BC - 124-155cm; vermelho (2,5YR 5/8, úmido) vermelho amarelado (5YR 5/8, seco); argila; fraca, pequena e média, blocos angulares; cerosidade comum e fraca; muito duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

C - 155-170 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/8, úmido e 2,5YR 5/8, seco); franco argilo arenoso; fraca, média, blocos angulares; duro, muito friável, não plástico e não pegajoso.

OBS: Ocorrência de pontuações de minerais primários facilmente intemperizáveis nos horizontes subjacentes ao B_{t1}.

Presença de rachaduras estreitas até o horizonte B_{t3}.

O horizonte A encontra-se severamente erodido.

Foram coletadas amostras com anel volumétrico de todos os horizontes, exceto C.

Raízes muito finas e finas no Ap, comuns e finas no AB e BA, poucas e finas nos horizontes B_{t1}, B_{t2}, B_{t3} e BC e raras no C.

Trincheira aberta em 3/8/92.

Perfil - 4 (PA)

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO AMARELO ÁLICO A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Travessão, km 46 da BR - 101, lado esquerdo, no sentido Campos - Estado do Espírito Santo, entrando-se 1,5 km na estrada para a Usina Outeiro, virando-se à esquerda 1,5km em direção à mata. Na estrada que atravessa a mata, entra-se à direita 200 metros. Município de Campos.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira situada em topo de elevação com 0 a 3% de declive e sob floresta explorada.

ALTITUDE - 40 metros.

LITOLOGIA - Sedimentos areno argilosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Barreiras.

CRONOLOGIA - Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração de sedimentos argilo arenosos.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano e suave com elevações de topo achatados, com aproximadamente o mesmo nível de altitude relativa.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - No local da coleta reserva florestal e na região cultura de cana-de-açúcar.

CLIMA - Aw de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Osório Oscar da Fonseca, Doracy Pessoa Ramos, Lúcia Helena Cunha dos Anjos e Alexandre Ravelli Neto.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O1 - 1-0 cm; constituído de material orgânico, semi-decomposto, constituído de restos de folhas, galhos e frutos.

A1 - 0-10 cm; bruno (10YR 4,5 5/3, úmido) bruno (10YR 5/3, seco); franco arenoso; fraca, pequena e média, granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso.

A2 - 10-20 cm; bruno (10YR 5/3, úmido) bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); franco arenoso; fraca, pequena, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

AB1 - 0-31 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco argilo arenoso; fraca, pequena, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

AB2 - 31-41 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco argilo arenoso; fraca, pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana e gradual.

BA1 - 41-48 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); franco argilo arenoso; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

BA2 - 48-55 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); argila arenoso; moderada, pequena e média blocos subangulares; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_{t1} - 55-75 cm; bruno-amarelo (10YR 5/6); argila arenosa; moderada, pequena e média blocos subangulares; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

B_{t2} - 75-96 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); argila arenosa; moderada, média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_{t31} - 96-183 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6); argila arenosa; moderada, média, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

B_{t32} - 183-200⁺cm; amarelo-brunado (10YR 6/6); argila arenosa; moderada, média, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes: Abundantes no A1 e A2, muitos no AB1 e AB2, poucas no BA1 e BA2 e raras nos demais horizontes, com diâmetro de aproximadamente 1,5 mm.

OBS: O perfil encontrava-se úmido até o horizonte B_{t2}.
Presença de térmitas até o B_{t32} e de minhocas até o BA1.

Perfil - 5 (LA)

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO AMARELO EUTRÓFICO coeso pouco profundo A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifolia relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO - Campos, RJ. 30 Km a partir da ponte sobre o rio Paraíba no sentido RJ-ES. Distanto cerca de 20 metros à direita da rodovia BR-101.

SITUAÇÃO, DECLIVE - Terço superior da encosta com 8% de declive.

ALTITUDE: 95 metros.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Barreiras (Terciário), capeamento de gnaisses do Grupo Paraíba do Sul - Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos supracitados.

RELEVO REGIONAL - Ondulado e forte ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira e moderada.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Cana-de-açúcar.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p - 0-10 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); argila arenosa; moderada, média, granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

AB - 10-30 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) bruno-amarelado-claro (10YR 6/4,seco); argila arenosa; coeso com pouca moderada, média, granular e fraca, pequena a média, blocos angulares; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

BA - 30-59 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4,5/4); argila arenosa; coeso com pouca, moderada, pequena a média, blocos angulares; ligeiramente duro, friável, plástico, e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_w - 59-95 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8); argila arenosa; moderadamente coeso com pouca, moderada, pequena, blocos angulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e abrupta.

2C1_{cn}- 95-129 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); argila arenosa; maciça porosa in situ; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada (30-38cm) e gradual.

2C2_{cn}- 129-161 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 5,5/6); argila arenosa; maciça porosa in situ; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição irregular (21-43 cm) e clara.

2C3_{cn} - 161-195 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); mosqueado pouco, pequeno e difuso, amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6) e amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8); franco argilo arenoso; maciça porosa in situ; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes - Muitas no A_p, poucas no AB, BA e B_w, raras no 2C1_{cn} e 2C2_{cn}. Predomínio de raízes fasciculares com diâmetro de 1 a 2 mm até BA.

OBS: Atividade biológica intensa até o BA.

Poros comuns pequenos e médios no A_p, AB e BA; e muito pequenos e médios no B_w.

Pontuações e escurecimento por matéria orgânica nos horizontes BA e B_w.

Pouco carvão em A_p.

Presença de material ferruginoso de coloração variegada na parte interna das concreções e avermelhada na superfície externa, dispostos em forma poligonais, esferoidais e agregados irregulares. Ocorrem nos horizontes 2C1_{cn}, 2C2_{cn} e 2C3_{cn}.

Perfil - 6 (LA)

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO AMARELO ÁLICO podzólico coeso A moderado, textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia.

LOCALIZAÇÃO - Campos, RJ. Estrada vicinal BR-101- Usina Outeiro; entrar à esquerda da rodovia na altura do posto O Caminhoneiro, Travessão, e percorrer 5km até encontrar uma pequena capoeira, dobrar à esquerda e apos 300 m entrar no talhão de cana à esquerda até 10 metros.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Trincheira no terço médio do tabuleiro, com 5% de declividade.

ALTITUDE - 35 metros.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Sedimentos da formação Barreiras - Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo arenosos supracitados.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado com vertente suavemente convexa e topo plano, relevo tabuliforme.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Cana-de-açúcar.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p - 0-13 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno amarelado (10YR 5/4, seco), franco argilo arenoso; moderada, média, granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

AB - 13-29 cm; bruno (10YR 4/3, umido) bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco argilo arenoso; maciça coesa in situ; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

BA - 29-40 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4); franco argilo arenoso; maciça coesa in situ; duro, muito friável, ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_{w1} - 40-65 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); argila arenosa; coesa com pouca, fraca pequena a média, blocos subangulares; ligeiramente duro a duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_{w2} - 65-109 cm; bruno-amarelado (10YR 5/7); argila arenosa; moderadamente coeso com pouca, fraca, pequena a média blocos angulares; ligeiramente duro a duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

B_{w3} - 109-148 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); argila arenosa; moderadamente coeso com pouca, fraca, pequena, blocos angulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

BC - 148-180⁺cm; bruno-amarelado (10YR 5/8); argila arenosa; maciça porosa in situ com pouca, fraca, pequena blocos angulares; ligeiramente duro, muito friável plástico e pegajoso.

Raízes: Comuns no A_p, AB e B_{w1}; poucas no BA e raras nos demais horizontes. Raízes fasciculares e poucas secundárias com diâmetro de 0,5 a 1mm no A_p e BA e de 1,0 a 2,0 mm no AB e BA.

OBS: Atividade biológica intensa até o BA.

Poros muitos e pequenos no A_p; comuns e pequenos no AB, comuns e muito pequenos no BA; muitos poros muitos pequenos e pequenos do B_{w1} ao BC.
Raras concreções ferruginosas em alguns sub-horizontes B, de tamanho muito pequeno.

Perfil - 7 (PA)

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO AMARELO DISTRÓFICO coeso A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO - Campos, RJ. Estrada vicinal à direita da BR-101 (sentido RJ-ES) na proximidade do Aeroporto Bartolomeu Lisandro; entrar à esquerda do aeroporto e percorrer 7 km até o perfil, a 10 m da estrada e à esquerda.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Trincheira no topo do tabuleiro, com 3% de declividade.

ALTITUDE - 15 metros.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Sedimentos do formação Barreiras - Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo arenosos supracitados.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado com vertente suavemente convexa e topo plano, relevo tabuliforme.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado e plano.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Cana-de-açúcar.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p - 0-17 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno amarelado (10YR 5/4, seco); franco arenoso; fraca, muito pequena e pequena, granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

AB - 17-36 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/3,5 úmido) bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); franco argilo arenoso; maciça coesa in situ; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

BA - 36-46 cm; bruno-escuro (10YR 4/3); argilo arenoso; maciça; coesa com pouca, fraca pequena a média, blocos angulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

B_{t1} - 46-81 cm; bruno-escuro (10YR 4/3); argila arenosa; coesa com pouca, fraca, pequena a média, blocos angulares; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

B_{t2} - 81-110 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); argila arenosa; moderadamente coeso com pouca, fraca, pequena a média, blocos angulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

B_{t3} - 110-140 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6); argila arenosa; moderadamente coeso com pouca, fraca, pequena, blocos angulares; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

BC - 140-190 cm; bruno-amarelado (10YR 5/7); argila arenosa; maciça porosa in situ que se desfaz em pouca, fraca, pequena e média, blocos angulares; duro, muito friável, plástico e pegajoso.

Raízes: Comuns no A_p, poucas no AB e BA; raras nos demais horizontes. Predomínio de fasciculares com diâmetro de 1,0 a 2,0 mm no A_p e AB e BA.

Perfil - P8 (C)

Data - 11/4/83

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO EUTRÓFICO argila de atividade média A moderado textura argilosa fase moderadamente drenado substrato sedimentos aluviais.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Fazenda Abadia. Campos, RJ. Coordenada plana 7083 9628 (folha SF. 24-V-C-V-2-50).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira situada em área plana com cobertura de cana-de-açúcar infestada com tiririca.

ALTITUDE - 4,389 m (não controlada).

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA E PERÍODO - Sedimentos aluviais e sedimentos do Quaternário (Holoceno).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sequência variada de estratos do rio Paraíba do Sul.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia de várzea.

USO ATUAL - Monocultura de cana-de-açúcar.

CLIMA - Hyperthermic Udic.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p- 0-20 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 5/3, seco); franco argiloso; moderada, média, granular e moderada, pequena a média, blocos subangulares; duro, muito friável, muito plástico e pegajoso; transição clara e plana.

BA - 20-50cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) amarelo-brunado (10YR 6/6, seco); argila siltosa; moderada a forte, pequena a média, granular, e moderada, média, blocos subangulares; muito duro, muito friável, muito plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁₁- 50-72 cm; bruno-amarelado-claro (10YR 6/4); argila siltosa; moderada a forte, pequena a média, blocos subangulares; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁₂- 72-101 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8); mosqueado comum, médio e difuso bruno (10YR 5/3); argila siltosa; moderada e forte, média, blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁₃- 101-135 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); mosqueado comum, médio e distinto bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3); argila siltosa; moderada a forte, média, blocos subangulares, muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

C1 - 135-141 cm; bruno (10YR 5/3); areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C2 - 141-147 cm; bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 8/4); mosqueado comum médio e difuso bruno-acinzentado (10YR 5/2); franco argilo arenoso; maciça coesa com indícios de formação de estrutura fraca; extremamente duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

C3 - 147-154 cm; bruno (10YR 5/3); areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C4 - 154-179 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4); areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso, transição abrupta e plana.

C5 - 179-191 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6); areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso, transição abrupta e plana.

C_{g1}- 191-201⁺ cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1); franco; maciço; muito duro, firme muito plástico e pegajoso

RAÍZES- Muitas no A_p e BA, comuns no B_{i1} e B_{i2}, poucas no B_{i3} e raras nos demais. Raízes fasciculares.

OBS: Atividade biológica (minhocas) no A_p e BA.

Lençol freático a 201cm.

Perfil descrito e coletado em dia nublado.

Foram efetuadas tradagens até 248 cm após a profundidade de 201cm, onde foi constatada a presença de material arenoso.

Perfil - P9 (C)

Data - 12/4/83

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO EUTRÓFICO argila de atividade média A moderado textura argilosa fase moderadamente drenado substrato sedimentos aluviais.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Fazenda Abadia. Campos, RJ. Coordenada plana 7080 9640 (folha SF. 24-V-C-V-2-SO).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira situada em área plana com cobertura de cana-de-açúcar infestada com tiririca.

ALTITUDE - 5,100 m (não controlada).

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA E PERÍODO: Sedimentos aluviais, sedimentos do Quaternário (Holoceno).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos variados de estratos do Rio Paraíba do Sul.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia de várzea.

USO ATUAL - Monocultura de cana-de-açúcar.

CLIMA - Hyperthermic Udic.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p- 0-19cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 5/3,seco); argila; moderada pequena a média, granular e moderada, muito pequena a média, blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

BA - 19-32 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, úmido) bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); argila; fraca, pequena a média, blocos subangulares e moderada, pequena a média, granular; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁₁- 32-56 cm; bruno-amarelado (9YR 5/6); franco argiloso; moderada, média, prismática composta de fraca a moderada, blocos subangulares; duro, firme, plástico ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

B₁₂- 56-82 cm; bruno-amarelado (9YR 5/6); argila; moderada, média, prismática composta de moderada, pequena a média, blocos subangulares; duro, firme, plástico, pegajoso; transição clara e plana.

B₁₃- 82-111 cm; bruno-escuro (10YR 3/3); argila; moderada a forte, média, prismática composta de moderada a forte, média a grande, blocos subangulares; muito duro, muito firme, muito plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁₄- 111-138 cm; bruno-amarelado-claro (10YR 6/4); mosqueado comum, grande e proeminente preto (N2/); argila; moderada, média, prismática composta de moderada a forte, média a grande, blocos subangulares; duro, muito firme, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.

B₁₅- 138-156 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); mosqueado abundante, médio e distinto cinzento claro (10YR 7/2); argila; moderada, média, blocos subangulares; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

C1 - 156-172 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6); areia; grãos simples ligeiramente coesos; duro, firme, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C2 - 172-188 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6); areia; grãos simples ligeiramente coesos; ligeiramente duro, solto, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C3 - 188-206 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); areia; grãos simples ligeiramente coesos; ligeiramente duro, solto, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C4 - 206-215⁺cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); areia; grãos simples, solto, solto, não plástico e não pegajoso.

Raízes- Muitos no A_p e BA, comuns no B₁₁ e B₁₂, poucas no B₁₃ e B₁₄, raras nos demais.
Raízes fascioladas.

Obs: Atividade biológica (minhocas) do A_p até o B₁₂. Presença de carvão no B₁₄.
Lençol freático a 271 cm de profundidade.

Perfil descrito e coletado em dia nublado.

Foram efetuadas tradagens até 305 cm após a profundidade de 215 cm, onde se constatou a presença de material grosseiro (areia grossa e cascalho).

Perfil - P10 (GHS)

Data - 12/4/83

CLASSIFICAÇÃO - GLEI HÚMICO SALINO EPIÁLICO argila de atividade média textura argilosa fase muito mal drenado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Fazenda Abadia. Campos, RJ. Coordenada plana 7083 9765 (folha SF. 24-V-C-V-2-SO).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira situada em área plana com cultura de cana-de-açúcar

ALTITUDE - 2,546 m (não controlada).

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA, PERÍODO - Sedimentos aluviais, sedimentos do Quaternário (Holoceno).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sequência variada de estratos flúvio-lacustres da Planície Deltáica do Rio Paraíba do Sul.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Muito mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical higrófila de várzea.

USO ATUAL - Monocultura de cana-de-açúcar.

CLIMA - Hyperthermic Aquic.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H_p- 0-26 cm; preto-avermelhado (10R 2/1, úmido) vermelho muito escuro acinzentado (10R 2/2, seco); muito argiloso; moderada, média a grande, granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C1 - 26-34 cm; bruno acinzentado-escuro (10YR 4/2); mosqueado pequeno e difuso cinzento muito escuro (N3/) e comum, médio e distinto amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6); argila; aspecto maciço que se desfaz em muito fraca, pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada. (6-10cm).

C2 - 34-52 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1); muito argiloso; maciça, ligeiramente duro; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

C3 - 52-60 cm; preto (10YR 2/1); mosqueado ao longo dos macroporos vermelho escuro acinzentado (10R 3/3); muito argiloso; maciça; macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

C_{g1} - 60-101cm; cinzento (10YR 5/1); mosqueado comum, pequeno e distinto vermelho (2,5 YR 4/6) e abundante, pequeno e difuso cinzento muito escuro (N3/); muito argiloso; maciça; extremamente duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana.

C_{g2} - 101-108 cm; preto (N2/); mosqueado pouco, e pequeno proeminente vermelho (2,5YR 4/6), muito argiloso; maciça, duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana.

C_{g3} - 108-160⁺ cm; cinzento escuro (5YR 4/1); mosqueado pouco, pequeno e proeminente vermelho (2,5YR 4/6); muito argiloso; maciça; extremamente duro, extremamene firme, muito plástico e muito pegajoso.

Raízes- Muitos no H_p, comuns no C1, C2 e C3, poucas no C_{g1} e raras nos demais.

Obs: Atividade biológica no H_p.

Lençol freático a 153 cm de profundidade.

Área drenada artificialmente.

Perfil coletado em dia nublado.

Foram efetuadas tradagens até 205 cm a partir da profundidade de 160 cm.

Perfil - 11 (GPH)

CLASSIFICAÇÃO - GLEI POUCO HÚMICO DISTRÓFICO TB A moderado textura muito argilosa fase campo tropical higrófilo de várzea relevo plana.

SITUAÇÃO, DECLIVE - Trincheira situada em área plana, de várzea.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Sedimentos argilosos Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos aluviais argilosos.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Campo tropical higrófilo de várzea.

USO ATUAL - Área ocupada por gramíneas e parcialmente explorada com eucalipto.

DATA: 22/07/92.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0-15 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido) bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); muito argilosa; fraca, pequena, granular; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

C_{g1}- 15-40 cm; cinzento (10YR 5/1, úmido) cinzento-claro (10YR 6/1, seco); mosqueado abundante e proeminente, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e bruno-forte (5YR 5/8, seco) acompanhando as raízes das gramíneas; muito argiloso; fraca pequena e média, granular; blocos angulares; extremamente duro, muito friável, muito plástico e muito pegajoso; transição quebrada e clara.

C_{g2} - 40-61 cm; cinzento-muito escuro (2,5Y 3,5/0, úmido) cinzento-escuro (2,5Y 4/0, seco); mosqueado comum, médio e distinto, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR, 4/6, seco); muito argiloso; maciça; extremamente duro, muito friável, muito plástico e muito pegajoso; transição ondulada e clara.

C_{g3}- 61-75 cm⁺, cinzento (10YR 6/1, úmido) cinzento-claro (10YR 7/1,seco); mosqueado comum, médio e distinto, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido e 7,5YR 5/8, seco); argila; maciça; duro, friável, plástico e pegajoso.

OBS: Afloramento do lençol freático aos 75 cm de profundidade.

Ocorrência de rachaduras estreitas até o C_{g1}.

Área arada e gradeada.

Todo o perfil encontrava-se úmido em 22/7/92.

Em todos os horizontes aparecem vestígios da atividade biológica.

Coleta de amostras indeformadas de todos os horizontes para a dap.

Perfil - 12 (PA)

Data - 15/5/90

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO AMARELO ÁLICO A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Rodovia RJ-162, a 3 km de rio Dourado em direção a Rio das Ostras. Município de Casimiro de Abreu, RJ 22° 27' S / 42° 01' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Corte de estrada à direita, situado no terço médio da elevação, com cerca de 5% de declive, sob cobertura de gramíneas.

ALTITUDE - 30 metros.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA E PERÍODO - Sedimentos das rampas de colúvio, Quaternário, sobre gnaisses do Complexo do Litoral Fluminense, Pré-Cambriano Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Cobertura detrítica argilo-arenosa, revestindo o produto da meteorização dos gnaisses do embasamento cristalino.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado a ondulado.

EROSÃO - Laminar moderada.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Pastagem.

CLIMA - Aw.

DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

A_{p1}- 0-7 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 5/3, seco) bruno (10YR 5/3, seco triturado); franco arenoso; fraca, muito pequena, granular e muitos grãos simples; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.

A_{p2}- 7-16 cm; bruno (10YR 4/3, úmido) bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco triturado); franco arenoso; fraca; muito pequena; granular e muitos grãos simples; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.

AB - 16-23 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido) bruno-amarelado claro (10YR 6/4, seco), bruno-claro acinzentado (10YR 6/3, seco triturado); franco argiloso arenoso; moderado muito pequena a pequena; granular e fraca, muito pequena, blocos subangulares, e grãos simples; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.

BA - 23-33 cm; bruno (7,5YR 5/4); argila arenosa; fraca, muito pequena, blocos subangulares e moderada, ultrapequena e muito pequena, granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.

B_{t1}- 33-59 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); argila; moderada, muito pequena, blocos subangulares e moderada, ultrapequena e muito pequena, granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; transição ondulada e difusa.

B_{t2}- 59-108 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); argila; moderada, muito pequena, blocos subangulares e angulares e moderada, ultrapequena e muito pequena, granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico, pegajoso; transição plana e difusa.

B_{t3}- 108-209 cm; bruno-forte (7,5YR 5/8); argila; moderada, muito pequena, blocos angulares e subangulares e moderada ultrapequena e muito pequena, granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

B_{t4}- 209-246 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8); argila; moderada, ultrapequena e muito pequena, granular e fraca, muito pequena, blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

BC - 246-282 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6); argila; moderada, ultrapequena e muito pequena, granular e fraca, muito pequena, blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e abrupta.

2C - 282⁺ cm; vermelho (10R 5/6); franco argiloso; moderada, ultrapequena a pequena, granular e fraca, muito pequena, blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso.

Raízes muitas no A_{p1}, A_{p2} e AB, comuns no BA e B_{t1}, poucas no B_{t2} e raras no B_{t3}.

Obs: 1- Aparecem em toda extensão do perfil, manchas avermelhadas esparsas, que parecem ser nódulos de ferro muito intemperizados.
2- Presença de linha de pedras entre os horizontes BC e 2C.

Perfil - 13 (PA)

Data - 19/6/90

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO AMARELO DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Km 188,3 da Rodovia Presidente Dutra (BR116), entrando cerca de 300 m à direita em direção à São Paulo. Município de Nova Iguaçu, RJ, 23°15'S / 43° 28' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Corte situado no topo da elevação com aproximadamente 13% de declive, sob cobertura de gramíneas.

ALTITUDE - 20 metros.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA E PERÍODO - Sedimentos das rampas de colúvio, Quaternário, sobre gnaisses do Complexo do Litoral Fluminense, Pré-Cambriano Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Cobertura detrítica argilo-arenosa, revestindo o produto da meteorização dos gnaisses do embasamento cristalino.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Laminar moderada.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL - Nenhum.

CLIMA - Aw.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p - 0-13 cm; cinzento-muito escuro (10YR 3/1, úmido) cinzento-escuro (10YR 4/1, seco), bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco triturado); franco arenoso; moderada, muito pequena a média, granular e muitos grãos simples; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.

AB - 13-31 cm; horizonte constituído por duas cores, aproximadamente em partes iguais: bruno-acinzentado (10YR 5/2) e bruno-amarelado claro (10YR 6/3); franco arenoso; moderada; muito pequena a média, granular, moderada, muito pequena, blocos subangulares e grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

BA - 31-53 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4); franco argilo arenoso; moderada, muito pequena, blocos angulares e subangulares, moderada, ultrapequena e muito pequena granular e grãos simples; duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; transição gradual e ondulada.

B₁₁ - 53-91 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6); argila; moderada, muito pequena e pequena blocos angulares e subangulares, moderada, ultrapequena, granular, cerosidade fraca e pouca predominante nos poros verticais; duro, friável, plástico, pegajoso; transição difusa e plana.

B₁₂ - 91-109 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8); argila; moderada muito pequena e pequena blocos angulares e subangulares, moderada, ultrapequena, granular; cerosidade fraca e pouca; duro, friável, plástico, pegajoso; transição difusa e plana.

2B₁₃ - 109-147 cm; vermelho (2,5YR 5/8); argila; moderada, muito pequena e pequena, blocos angulares e subangulares, moderada, ultrapequena, granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

2BC - 147-179 cm; vermelho (2,5 YR 4/8); franco argiloso; moderada; muito pequena; blocos angulares e subangulares, moderada, ultrapequena, granular e grãos simples; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

2C - 179-225 cm; vermelho (2,5 YR4/6); franco argiloso; moderada; ultrapequena; granular, moderada, muito pequena, blocos subangulares e angulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

2CR - 225⁺ cm; horizonte constituído de material semi-alterado cuja cor predominante é brunoforte (7,5 YR 5/6), aparecendo também rosado (7,5YR 8/2) e vermelho (2,5 YR 4/8); franco arenoso; fraca, muito pequena, blocos subangulares e muitos grãos simples; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso.

Raízes: muitas no A_p e AB, comuns no BA, pouca no B_{t1} e raras no B_{t2}.

OBS: 1- O corte de onde o perfil foi descrito, foi feito para enterrar um gasoduto da PETROBRÁS. Muito próximo o horizonte superficial aparece enterrado.

2- Presença de grande quantidade de formigas, principalmente na porção do perfil correspondente ao embasamento cristalino.

Perfil - 14 (PA)

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO AMARELO ÁLICO A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo suave ondulado.

SITUAÇÃO, DECLIVE - Trincheira situada no 1/3 médio de superfície convexa de encosta suave ondulado, com 5% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos coluviais argilosos do Quaternário.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado, de topo arredondado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifolia.

USO ATUAL - Pasto sujo e reflorestamento com espécies nativas.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_p - 0-22 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 4/3, seco); franco argilo arenoso; fraca; pequena, granular e grãos simples; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

A - 22-44 cm; bruno (10YR 4/3, úmido e 10YR 5/3, seco); franco argilo arenoso; grãos simples e fraca, pequena, granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

AB - 44-70 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) amarelo-brunado (10YR 6/8, seco); franco argilo arenoso; aspecto coeso que se desfaz em grãos simples e fraca, pequena, granular; duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

BA - 70-99 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) amarelo-brunado (10YR 6/8, seco), apresentando grande quantidade de material bruno (10YR 4/3, úmido e 10YR 5/3, seco), dando um aspecto de variegado; argila; aspecto coeso que se desfaz em moderada, pequena e média blocos angulares e subangulares; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

B_{t1} - 99-123 cm; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido e 10YR 6,5/8, seco) apresentando grande quantidade de material bruno (10YR 4/3, úmido e 10YR 5/3, seco); argila; aspecto coeso que se desfaz em moderado, pequena e média blocos angulares subangulares; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

B_{t2} - 123-168 cm; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido) amarelo (10YR 6,5/8, seco); argila; aspecto coeso que se desfaz em moderada, pequena e média, blocos angulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e difusa.

BC - 168-187 cm; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido) e amarelo (10YR, seco); argilo arenosa; fraca, pequena, blocos angulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

OBS: Ocorrência de rachaduras estreitas em todo o perfil.

Coleta de amostras indeformadas de todos os horizontes para determinação da dap.

Raízes finas em todos os horizontes, sendo muitas no A_p, comuns no A, poucas no AB e BA e raras nos demais.

Nos horizontes A_p e A a estrutura é composta, sendo a primeira descrita a dominante, no caso fraca, pequena, granular (no A_p) e grãos simples (no A).

O horizonte BA apresenta-se dominante de cor bruno-amarelada (10YR 5/6, úmido), estando misturada a um material de cor bruna (10YR 4/3, úmido)

Perfil -15 (PL)

CLASSIFICAÇÃO - PLANOSSOLO ÁLICO A moderado textura areia/média fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado.

SITUAÇÃOe DECLIVE - Trincheira situada no 1/3 inferior superfície côncava de encosta suave ondulado, na transição para a baixada.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos coluviais arenosos e argilosos do Quaternário.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado, de topo arredondado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifólia.

USO ATUAL - Pasto sujo e reflorestamento com espécies nativas.

DATA: 27/07/92.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 - 0-16 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); areia; fraca, pequena, granular; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.

A2 - 16-28 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido) cinzento (10YR 5/1, seco); areia franca; fraca, pequena, granular; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

E - 28-68 cm; cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido) cinzento-claro (10YR 7/1, seco); areia franca; grãos simples aparentemente coesos; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, transição abrupta.

B_{t1} - 68-84 cm; cinzento (10YR 6/1, úmido) cinzento-claro (10YR 7/1, seco); argilo arenosa; padrão poligonal no sentido horizontal fracamente desenvolvido, com presença mosqueado de bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido), amarelo-brunado (10YR 6/8, seco) entre os polígonos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

B_{t2} - 84-106 cm; cinzento (10YR 5/1, úmido) cinzento-claro (10YR 7/1, seco); argilo arenosa; padrão poligonal no sentido horizontal moderadamente desenvolvido, com presença de mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) e amarelo-brunado (10YR 6/8, seco) entre os polígonos; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição quebrada e clara.

B_{t3} - 106-141 cm; cinzento-claro (10YR 6,5/1, úmido) branco (10YR 8/1, seco); argilo arenosa; padrão poligonal no sentido horizontal moderadamente desenvolvido, com mosqueado vermelho (2,5YR 4/6, úmido e 2,5YR 4/8, seco), entre os polígonos; duro, firme, plástico e pegajoso.

OBS: Perfil úmido a partir dos 65cm de profundidade em 27/7/92.

Afloramento do, lençol freático a 1,37 cm da superfície do solo.

Coleta de amostras indeformadas para dap de todos os horizontes.

Raízes muitas e finas no A1, comuns e finas no A2 e poucas e finas nos demais horizontes.

Trincheira aberta em 19/07/92.

Perfil 1 - LVA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/ kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|-----------------------------------|---|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Aep | 0-15 | 0 | tr | 1000 | 190 | 160 | 110 | 540 | 43 | 20 | 0,20 | 1,30 | 2,63 | 51 |
| AB | -30 | 0 | tr | 1000 | 170 | 170 | 100 | 560 | 47 | 16 | 0,18 | 1,30 | 2,63 | 49 |
| BA | -45 | 0 | tr | 1000 | 160 | 150 | 80 | 610 | 0 | 100 | 0,13 | 1,39 | 2,74 | 49 |
| Bw1 | -75 | 0 | tr | 1000 | 140 | 150 | 80 | 630 | 0 | 100 | 0,13 | 1,37 | 2,63 | 48 |
| Bw2 | -145 | 0 | tr | 1000 | 160 | 160 | 60 | 620 | 0 | 100 | 0,10 | 1,22 | 2,67 | 54 |
| Bw3 | - 265 | 0 | tr | 1000 | 150 | 160 | 100 | 590 | 0 | 100 | 0,17 | 1,20 | 2,63 | 54 |
| Bw4 | - 310 | 0 | tr | 1000 | 150 | 160 | 80 | 610 | 0 | 100 | 0,13 | 1,28 | 2,70 | 53 |
| Bw5 | - 370 | 0 | tr | 1000 | 150 | 160 | 80 | 610 | 0 | 100 | 0,13 | | | |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /100kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Aep | 4,4 | 4,0 | 0,3 | 0,11 | 0,01 | 0,4 | 1,5 | 6,7 | 8,6 | 5 | 79 | 2 | | |
| AB | 4,7 | 4,0 | 0,1 | 0,04 | 0,02 | 0,2 | 1,0 | 4,6 | 5,6 | 3 | 83 | 2 | | |
| BA | 4,8 | 4,2 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,8 | 3,7 | 4,6 | 2 | 89 | 2 | | |
| Bw1 | 4,9 | 4,3 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,5 | 3,5 | 4,1 | 2 | 83 | 2 | | |
| Bw2 | 5,1 | 4,6 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 3,8 | 3,3 | 3 | 67 | 2 | | |
| Bw3 | 5,1 | 4,6 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 2,7 | 3,0 | 3 | 67 | 3 | | |
| Bw4 | 5,0 | 4,5 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 2,7 | 3,0 | 3 | 67 | 3 | | |
| Bw5 | 5,1 | 4,6 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 2,5 | 2,8 | 4 | 67 | 3 | | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Aep | 18,8 | 1,5 | 13 | 12,2 | 20,0 | 9,2 | 1,02 | | | 1,04 | 0,80 | 3,41 | | |
| AB | 1,6 | 1,0 | 12 | 13,0 | 21,9 | 9,6 | 1,09 | | | 1,01 | 0,79 | 3,88 | | |
| BA | 7,7 | 0,8 | 10 | 14,0 | 22,0 | 9,9 | 1,16 | | | 1,08 | 0,84 | 3,48 | | |
| Bw1 | 5,0 | 0,6 | 8 | 14,3 | 22,4 | 10,8 | 1,16 | | | 1,09 | 0,84 | 3,41 | | |
| Bw2 | 2,8 | 0,4 | 4 | 14,2 | 22,9 | 10,8 | 1,17 | | | 1,05 | 0,82 | 3,49 | | |
| Bw3 | 1,5 | 0,4 | 4 | 14,3 | 23,0 | 9,8 | 1,16 | | | 1,06 | 0,83 | 3,68 | | |
| Bw4 | 1,4 | 0,4 | 4 | 14,8 | 23,0 | 9,9 | 1,14 | | | 1,09 | 0,86 | 3,64 | | |
| Bw5 | 1,4 | 0,4 | 4 | 15,4 | 23,5 | 9,6 | 1,17 | | | 1,11 | 0,88 | 3,84 | | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 2 - PVA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Aep | 0-14 | 0 | 20 | 980 | 500 | 140 | 160 | 200 | 14 | 30 | 0,80 | 1,38 | 2,43 | 43 |
| E | -30 | 20 | 90 | 890 | 500 | 130 | 160 | 220 | 16 | 27 | 0,68 | 1,58 | 2,50 | 39 |
| 2Bt1 | -45 | 0 | 60 | 940 | 350 | 80 | 130 | 440 | 12 | 78 | 0,30 | 1,32 | 2,50 | 47 |
| 2Bt2 | -88 | 0 | 30 | 970 | 310 | 50 | 210 | 430 | 0 | 100 | 0,49 | 1,57 | 2,50 | 37 |
| 2BC | -108 | 0 | 40 | 960 | 330 | 70 | 250 | 350 | 0 | 100 | 0,71 | 1,55 | 2,50 | 38 |
| 2Cr1 | - 130 | 0 | 20 | 980 | 320 | 100 | 270 | 310 | 0 | 100 | 0,87 | - | - | - |
| 2Cr2 | - 147 | 0 | 50 | 950 | 260 | 180 | 320 | 240 | 0 | 100 | 1,33 | 1,58 | 2,50 | 37 |
| 2Cr3 | - 190 | 0 | 20 | 980 | 350 | 130 | 340 | 180 | 1 | 94 | 1,89 | | | |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺³ | H ⁺ | T | | | | |
| Aep | 5,7 | 4,4 | 2,6 | 0,4 | 0,18 | 0,03 | 3,2 | 0,0 | 2,5 | 5,7 | 56 | 0 | 0,5 | |
| E | 5,0 | 3,7 | 1,0 | 0,1 | 0,08 | 0,02 | 1,2 | 0,4 | 1,6 | 3,2 | 38 | 25 | 0,5 | |
| 2Bt1 | 5,1 | 3,8 | 1,8 | 0,2 | 0,01 | 0,05 | 1,6 | 0,7 | 2,0 | 4,3 | 37 | 30 | 0,5 | |
| 2Bt2 | 5,3 | 3,8 | 1,0 | 0,5 | 0,02 | 0,09 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 4,3 | 37 | 38 | 0,5 | |
| 2BC | 5,1 | 3,5 | 1,0 | 0,2 | 0,02 | 0,07 | 1,3 | 1,7 | 1,8 | 4,3 | 30 | 57 | 0,5 | |
| 2Cr1 | 5,1 | 3,4 | 0,8 | 0,3 | 0,03 | 0,08 | 1,2 | 2,4 | 1,0 | 4,6 | 26 | 67 | 0,5 | |
| 2Cr2 | 5,2 | 3,6 | 0,6 | 0,4 | 0,04 | 0,10 | 1,1 | 2,3 | 0,9 | 4,3 | 26 | 68 | 0,5 | |
| 2Cr3 | 5,2 | 3,3 | 0,8 | | 0,03 | 0,16 | 1,0 | 4,1 | 1,0 | 6,1 | 16 | 80 | 0,5 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Aep | 12,3 | 1,2 | 10 | 9,0 | 6,3 | 1,5 | 0,26 | | | 2,43 | 2,11 | 6,57 | | |
| E | 5,2 | 0,7 | 7 | 11,1 | 8,4 | 1,8 | 0,30 | | | 2,25 | 1,97 | 7,29 | | |
| 2Bt1 | 5,0 | 0,6 | 8 | 20,8 | 17,0 | 3,5 | 0,64 | | | 2,08 | 1,84 | 7,61 | | |
| 2Bt2 | 2,8 | 0,6 | 5 | 25,2 | 20,5 | 4,8 | 0,77 | | | 2,09 | 1,82 | 6,75 | | |
| 2BtC | 2,5 | 0,5 | 5 | 25,5 | 20,5 | 4,8 | 0,78 | | | 2,13 | 1,85 | 8,67 | | |
| 2Cr1 | 1,7 | 0,4 | 4 | 24,2 | 19,3 | 4,3 | 0,70 | | | 2,13 | 1,67 | 7,03 | | |
| 2Cr2 | 1,0 | 0,3 | 3 | 20,9 | 16,4 | 3,5 | 0,50 | | | 2,17 | 1,91 | 7,34 | | |
| 2Cr3 | 0,8 | 0,3 | 3 | 23,1 | 17,6 | 4,7 | 0,67 | | | 2,23 | 1,91 | 5,87 | | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 3 - PVA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-15 | 0 | 10 | 990 | 410 | 170 | 120 | 300 | 23 | 23 | 0,40 | 1,41 | 2,63 | 46 |
| AB | -29 | 0 | 20 | 980 | 390 | 140 | 110 | 360 | 32 | 11 | 0,31 | 1,52 | 2,69 | 43 |
| BA | -52 | 0 | 50 | 950 | 380 | 110 | 120 | 390 | 31 | 21 | 0,31 | 1,50 | 2,45 | 39 |
| Bt1 | -79 | 0 | 30 | 970 | 320 | 130 | 10 | 540 | 01 | 98 | 0,02 | 1,51 | 2,67 | 43 |
| Bt2 | -102 | 0 | 20 | 980 | 230 | 100 | 140 | 530 | 01 | 98 | 0,26 | 1,40 | 2,68 | 48 |
| Bt3 | -124 | 0 | 10 | 990 | 70 | 30 | 380 | 520 | 01 | 98 | 0,73 | 1,37 | 2,54 | 46 |
| BC | -155 | 0 | 20 | 980 | 210 | 120 | 210 | 460 | 01 | 98 | 0,75 | 1,50 | 2,66 | 44 |
| C | -170+ | 0 | 30 | 970 | 290 | 270 | 180 | 260 | 0 | 100 | 0,69 | - | 1,98 | - |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺³ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,3 | 5,8 | 1,9 | 1,8 | 0,32 | 0,10 | 4,1 | 0,3 | 3,7 | 8,1 | 51 | 7 | <1 | |
| AB | 4,2 | 5,5 | 1,3 | 1,0 | 0,11 | 0,05 | 2,5 | 0,4 | 2,9 | 5,8 | 43 | 14 | <1 | |
| BA | 4,9 | 6,1 | 1,5 | 1,0 | 0,04 | 0,04 | 2,6 | 0 | 2,0 | 4,6 | 56 | 0 | <1 | |
| Bt1 | 5,3 | 6,3 | 1,3 | 1,4 | 0,05 | 0,06 | 2,8 | 0 | 1,8 | 4,6 | 61 | 0 | <1 | |
| Bt2 | 5,1 | 6,3 | 1,1 | 1,9 | 0,07 | 0,14 | 3,2 | 0 | 1,9 | 5,1 | 63 | 0 | <1 | |
| Bt3 | 5,4 | 6,2 | 1,1 | 2,1 | 0,04 | 0,24 | 3,5 | 0 | 2,0 | 5,5 | 64 | 0 | <1 | |
| BC | 4,9 | 6,0 | 0,5 | 2,4 | 0,04 | 0,24 | 3,2 | 0 | 2,0 | 5,2 | 61 | 0 | <1 | |
| C | 4,1 | 5,6 | 0,1 | 2,2 | 0,06 | 0,15 | 2,5 | 1,4 | 1,4 | 5,3 | 47 | 0 | <1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 19,0 | | | 11,5 | 9,7 | 4,7 | 1,22 | | | 2,01 | 1,54 | 3,24 | | |
| AB | 9,6 | | | 12,8 | 10,7 | 5,3 | 1,10 | | | 2,03 | 1,54 | 3,17 | | |
| BA | 7,6 | | | 12,4 | 11,0 | 5,7 | 1,13 | | | 1,92 | 1,44 | 3,03 | | |
| Bt1 | 5,5 | | | 16,1 | 14,8 | 6,7 | 1,42 | | | 1,85 | 1,43 | 3,47 | | |
| Bt2 | 4,8 | | | 17,7 | 18,3 | 7,9 | 1,42 | | | 1,64 | 1,29 | 4,29 | | |
| Bt3 | 4,5 | | | 22,8 | 20,3 | 9,0 | 1,38 | | | 1,91 | 1,49 | 3,54 | | |
| BC | 3,8 | | | 19,6 | 19,5 | 7,8 | 1,28 | | | 1,71 | 1,36 | 3,92 | | |
| C | 2,6 | | | 22,5 | 19,4 | 8,3 | 1,26 | | | 1,97 | 1,55 | 3,67 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 4 - PA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| A1 | 0-10 | 0 | 0 | 1000 | 650 | 160 | 50 | 140 | 8 | 43 | 0,36 | 1,39 | | |
| A2 | -20 | 0 | 0 | 1000 | 560 | 200 | 80 | 160 | 11 | 31 | 0,50 | 1,55 | | |
| AB1 | -31 | 0 | 0 | 1000 | 490 | 230 | 80 | 200 | 15 | 25 | 0,40 | 1,70 | | |
| AB2 | -41 | 0 | 0 | 1000 | 450 | 220 | 60 | 270 | 25 | 7 | 0,22 | 1,73 | | |
| BA1 | -48 | 0 | 0 | 1000 | 410 | 190 | 60 | 340 | 28 | 18 | 0,18 | 1,63 | | |
| BA2 | -55 | 0 | 0 | 1000 | 370 | 190 | 60 | 380 | 30 | 21 | 0,16 | 1,65 | | |
| Bt1 | -75 | 0 | 0 | 1000 | 380 | 180 | 50 | 390 | 32 | 18 | 0,13 | 1,67 | | |
| Bt2 | -96 | 0 | 10 | 990 | 400 | 180 | 60 | 360 | 32 | 11 | 0,17 | 1,67 | | |
| Bt31 | -183 | 0 | 0 | 1000 | 380 | 170 | 60 | 390 | 37 | 5 | 0,15 | 1,43 | | |
| Bt32 | -200+ | 0 | 0 | 1000 | 390 | 160 | 50 | 400 | 1 | 98 | 0,13 | 1,56 | | |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| A1 | 4,0 | 4,9 | 1,2 | 0,2 | 0,11 | 0,03 | 1,5 | 0,2 | 2,0 | 3,7 | 41 | 12 | <1 | |
| A2 | 3,7 | 4,4 | 0,3 | | 0,07 | 0,03 | 0,4 | 0,6 | 2,0 | 3,0 | 13 | 60 | <1 | |
| AB1 | 3,7 | 4,3 | 0,1 | | 0,06 | 0,02 | 0,2 | 0,7 | 1,8 | 2,7 | 7 | 78 | <1 | |
| AB2 | 3,7 | 4,3 | 0,1 | | 0,08 | 0,03 | 0,2 | 0,8 | 1,9 | 2,9 | 7 | 80 | <1 | |
| BA1 | 3,7 | 4,2 | 0,1 | | 0,07 | 0,03 | 0,2 | 1,0 | 1,8 | 3,0 | 7 | 83 | <1 | |
| BA2 | 3,7 | 4,3 | 0,1 | | 0,06 | 0,03 | 0,2 | 1,1 | 1,7 | 3,0 | 7 | 85 | <1 | |
| Bt1 | 3,7 | 4,4 | 0,2 | | 0,07 | 0,03 | 0,3 | 1,1 | 1,6 | 3,0 | 10 | 79 | <1 | |
| Bt2 | 3,8 | 4,6 | 0,3 | | 0,08 | 0,03 | 0,4 | 0,9 | 1,4 | 2,7 | 15 | 69 | <1 | |
| Bt31 | 3,8 | 4,6 | 0,3 | | 0,03 | 0,03 | 0,4 | 0,7 | 1,3 | 2,4 | 15 | 64 | <1 | |
| Bt32 | 3,9 | 4,6 | 0,3 | | 0,02 | 0,03 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 20 | 60 | <1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | | | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | | kr | AlFe ¹ | |
| A1 | 8,4 | 1,0 | 8 | 6,5 | 4,7 | 1,7 | 0,82 | | | 2,35 | 1,91 | 4,35 | | |
| A2 | 6,4 | 0,9 | 7 | 7,9 | 6,3 | 1,7 | 0,95 | | | 2,13 | 1,82 | 5,83 | | |
| AB1 | 4,6 | 0,7 | 7 | 9,6 | 7,6 | 1,9 | 1,09 | | | 2,15 | 1,85 | 6,26 | | |
| AB2 | 3,4 | 0,5 | 7 | 12,4 | 10,2 | 2,5 | 1,28 | | | 2,07 | 1,79 | 6,41 | | |
| BA1 | 3,4 | 0,5 | 6 | 14,3 | 12,4 | 2,7 | 1,40 | | | 1,96 | 1,72 | 7,20 | | |
| BA2 | 3,7 | 0,5 | 7 | 15,8 | 14,5 | 3,2 | 1,36 | | | 1,85 | 1,62 | 7,11 | | |
| Bt1 | 2,9 | 0,5 | 6 | 15,7 | 13,3 | 3,4 | 1,33 | | | 2,01 | 1,73 | 6,12 | | |
| Bt2 | 2,8 | 0,4 | 7 | 15,1 | 13,2 | 3,2 | 1,40 | | | 1,95 | 1,68 | 6,47 | | |
| Bt31 | 2,6 | 0,4 | 7 | 16,0 | 13,9 | 2,8 | 1,35 | | | 1,96 | 1,73 | 7,79 | | |
| Bt32 | 1,9 | 0,4 | 5 | 17,9 | 14,8 | 4,5 | 1,50 | | | 2,06 | 1,72 | 5,16 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 5 - LA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-10 | 0 | 20 | 980 | 450 | 170 | 10 | 370 | 31 | 16 | 0,03 | 1,27 | 2,61 | 51 |
| AB | -30 | 0 | 20 | 980 | 440 | 140 | 30 | 390 | 35 | 10 | 0,08 | 1,50 | 2,59 | 42 |
| BA | -59 | 0 | 20 | 980 | 400 | 160 | 20 | 420 | 38 | 9 | 0,05 | 1,53 | 2,62 | 42 |
| Bw | -95 | 0 | 20 | 980 | 340 | 140 | 30 | 490 | 48 | 20 | 0,06 | 1,49 | 2,63 | 43 |
| 2C1cn | -129 | 100 | 410 | 490 | 330 | 130 | 40 | 500 | 45 | 12 | 0,08 | - | 2,61 | - |
| 2C2cn | -161 | 520 | 60 | 420 | 400 | 130 | 40 | 430 | 39 | 9 | 0,09 | - | 2,63 | - |
| 2C3cn | -195+ | 0 | 90 | 910 | 540 | 100 | 20 | 340 | 30 | 12 | 0,06 | 1,59 | 2,63 | 39 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,4 | 5,3 | 1,47 | 1,17 | 0,07 | 0,04 | 2,8 | 0,15 | 2,1 | 5,0 | 56 | 3 | 4 | |
| AB | 4,6 | 5,4 | 1,88 | 0,86 | 0,03 | 0,04 | 2,8 | 0,10 | 1,7 | 4,6 | 61 | 3 | 2 | |
| BA | 5,0 | 5,7 | 2,03 | 0,65 | 0,02 | 0,03 | 2,7 | 0,05 | 0,6 | 3,4 | 79 | 2 | 1 | |
| Bw | 5,2 | 5,9 | 2,29 | 0,45 | 0,01 | 0,03 | 2,8 | 0,00 | 0,6 | 3,4 | 82 | 0 | 1 | |
| 2C1cn | 5,3 | 6,0 | 2,22 | 0,46 | 0,02 | 0,07 | 2,8 | 0,00 | 0,4 | 3,2 | 88 | 0 | 1 | |
| 2C2cn | 5,4 | 6,1 | 1,66 | 0,46 | 0,02 | 0,05 | 2,2 | 0,00 | 0,2 | 2,4 | 92 | 0 | 1 | |
| 2C3cn | 5,4 | 6,0 | 1,06 | 0,40 | 0,01 | 0,03 | 1,5 | 0,00 | 0,2 | 1,7 | 88 | 0 | <1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 10,9 | 0,9 | 12 | 12,3 | 10,0 | 2,6 | 0,52 | | 0,06 | 2,09 | 1,79 | 6,04 | | |
| AB | 7,7 | 0,9 | 9 | 16,2 | 13,6 | 3,3 | 0,69 | | 0,07 | 2,02 | 1,75 | 6,47 | | |
| BA | 5,7 | 0,8 | 7 | 16,9 | 13,7 | 3,6 | 0,72 | | 0,06 | 2,10 | 1,79 | 5,97 | | |
| Bw | 5,1 | 0,7 | 7 | 21,0 | 17,7 | 4,5 | 0,93 | | 0,05 | 2,02 | 1,73 | 6,17 | | |
| 2C1cn | 5,0 | 0,4 | 12 | 21,9 | 18,6 | 4,8 | 0,96 | | 0,05 | 2,00 | 1,72 | 6,08 | | |
| 2C2cn | 3,2 | 0,3 | 11 | 16,8 | 13,9 | 4,0 | 0,86 | | 0,05 | 2,05 | 1,73 | 5,46 | | |
| 2C3cn | 2,3 | 0,4 | 6 | 15,0 | 11,7 | 2,9 | 0,80 | | 0,05 | 2,18 | 1,88 | 6,33 | | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 6 - LA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-13 | 0 | 0 | 1000 | 440 | 250 | 60 | 250 | 15 | 40 | 0,24 | 1,46 | 2,59 | 44 |
| AB | -29 | 0 | 10 | 990 | 430 | 230 | 40 | 300 | 23 | 23 | 0,13 | 1,47 | 2,62 | 44 |
| BA | -40 | 0 | 0 | 1000 | 390 | 230 | 60 | 320 | 28 | 12 | 0,19 | 1,57 | 2,64 | 41 |
| Bw1 | -65 | 0 | 0 | 1000 | 360 | 200 | 40 | 400 | 33 | 17 | 0,10 | 1,59 | 2,64 | 40 |
| Bw2 | -109 | 0 | 10 | 990 | 370 | 200 | 50 | 380 | 31 | 18 | 0,13 | 1,51 | 2,63 | 43 |
| Bw3 | -148 | 0 | 0 | 1000 | 350 | 190 | 30 | 430 | 0 | 100 | 0,07 | 1,54 | 2,63 | 41 |
| BC | -180 | 0 | 0 | 1000 | 340 | 190 | 50 | 420 | 0 | 100 | 0,12 | 1,44 | 2,64 | 45 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturaçã o por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 3,9 | 4,7 | 1,02 | 0,58 | 0,05 | 0,01 | 1,7 | 0,8 | 3,9 | 6,4 | 27 | 32 | 3 | |
| AB | 3,8 | 4,5 | 0,61 | 0,46 | 0,03 | 0,02 | 1,1 | 1,1 | 3,5 | 5,7 | 19 | 50 | 2 | |
| BA | 3,8 | 4,5 | 0,46 | 0,30 | 0,02 | 0,01 | 0,8 | 1,2 | 2,8 | 4,8 | 17 | 60 | 1 | |
| Bw1 | 3,8 | 4,3 | 0,35 | 0,26 | 0,01 | 0,01 | 0,6 | 1,4 | 2,0 | 4,0 | 15 | 70 | 1 | |
| Bw2 | 3,9 | 4,4 | 0,30 | 0,31 | 0,01 | 0,01 | 0,6 | 1,2 | 1,5 | 3,3 | 18 | 67 | 1 | |
| Bw3 | 3,8 | 4,3 | 0,25 | 0,21 | 0,01 | 0,02 | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 2,9 | 17 | 69 | 1 | |
| BC | 3,8 | 4,3 | 0,46 | | 0,01 | 0,02 | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 2,7 | 18 | 67 | 1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 11,4 | 0,9 | 13 | 10,8 | 8,6 | 1,7 | 1,02 | | 0,05 | 2,13 | 1,90 | 7,94 | | |
| AB | 9,2 | 1,0 | 9 | 13,2 | 9,8 | 1,9 | 1,00 | | 0,05 | 2,29 | 2,04 | 8,10 | | |
| BA | 6,2 | 0,5 | 12 | 14,6 | 11,5 | 2,0 | 1,21 | | 0,05 | 2,16 | 1,94 | 9,03 | | |
| Bw1 | 3,6 | 0,3 | 12 | 17,6 | 13,0 | 2,3 | 1,38 | | 0,06 | 2,30 | 2,07 | 8,87 | | |
| Bw2 | 3,5 | 0,2 | 17 | 14,6 | 12,3 | 2,2 | 1,23 | | 0,05 | 2,02 | 1,81 | 8,78 | | |
| Bw3 | 2,7 | 0,2 | 13 | 17,4 | 15,0 | 2,5 | 1,40 | | 0,06 | 1,97 | 1,78 | 9,42 | | |
| BC | 2,9 | 0,2 | 14 | 16,4 | 14,2 | 2,4 | 1,33 | | 0,04 | 1,96 | 1,77 | 9,29 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 7 - PA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-17 | 0 | 0 | 1000 | 620 | 160 | 50 | 170 | 15 | 12 | 0,29 | 1,36 | 2,60 | 48 |
| AB | -36 | 0 | 0 | 1000 | 450 | 220 | 30 | 300 | 26 | 13 | 0,10 | 1,61 | 2,62 | 39 |
| BA | -46 | 0 | 0 | 1000 | 390 | 220 | 40 | 350 | 31 | 11 | 0,11 | 1,65 | 2,62 | 37 |
| Bt1 | -81 | 0 | 0 | 1000 | 340 | 200 | 30 | 430 | 38 | 12 | 0,07 | 1,61 | 2,63 | 39 |
| B2 | -110 | 0 | 0 | 1000 | 310 | 200 | 30 | 460 | 41 | 11 | 0,07 | 1,60 | 2,63 | 39 |
| B3 | -140 | 0 | 0 | 1000 | 310 | 200 | 60 | 430 | 43 | 12 | 0,14 | 1,55 | 2,65 | 42 |
| BC | -190 | 0 | 0 | 1000 | 330 | 200 | 50 | 420 | 21 | 50 | 0,12 | 1,45 | 2,65 | 45 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturaçã o por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,2 | 5,2 | 1,21 | 0,81 | 0,04 | 0,02 | 2,1 | 0,2 | 2,0 | 4,3 | 49 | 09 | 4 | |
| AB | 3,9 | 5,0 | 1,16 | 0,66 | 0,01 | 0,02 | 1,9 | 0,3 | 1,7 | 3,9 | 49 | 14 | 1 | |
| BA | 4,1 | 5,1 | 1,32 | 0,81 | 0,01 | 0,02 | 2,2 | 0,3 | 2,1 | 4,6 | 48 | 12 | 1 | |
| Bt1 | 4,1 | 5,2 | 1,42 | 0,91 | 0,01 | 0,02 | 2,4 | 0,3 | 2,8 | 5,5 | 44 | 11 | 1 | |
| B2 | 4,1 | 5,0 | 1,22 | 0,81 | 0,01 | 0,02 | 1,4 | 0,6 | 2,8 | 4,8 | 29 | 30 | 1 | |
| B3 | 3,9 | 4,6 | 0,46 | 0,66 | 0,01 | 0,02 | 1,1 | 1,0 | 2,2 | 4,3 | 26 | 48 | 1 | |
| BC | 3,9 | 4,5 | 0,30 | 0,30 | 0,01 | 0,02 | 0,6 | 0,9 | 1,6 | 3,1 | 19 | 60 | 1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sullfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 8,1 | 0,7 | 12 | 7,2 | 5,7 | 1,7 | 1,02 | | 0,08 | 2,15 | 1,80 | 5,26 | | |
| AB | 5,4 | 0,7 | 8 | 10,1 | 9,0 | 2,2 | 1,26 | | 0,05 | 1,91 | 1,65 | 6,42 | | |
| BA | 5,1 | 0,4 | 13 | 13,6 | 11,3 | 2,6 | 1,44 | | 0,06 | 2,05 | 1,78 | 6,82 | | |
| Bt1 | 5,4 | 0,3 | 18 | 14,7 | 13,4 | 3,1 | 1,48 | | 0,09 | 1,86 | 1,62 | 6,79 | | |
| B2 | 4,1 | 0,3 | 14 | 16,5 | 14,4 | 3,1 | 1,58 | | 0,06 | 1,95 | 1,71 | 7,29 | | |
| B3 | 4,0 | 0,3 | 13 | 15,5 | 14,1 | 3,4 | 1,61 | | 0,04 | 1,88 | 1,63 | 6,46 | | |
| BC | 3,1 | 0,2 | 16 | 15,1 | 13,2 | 3,4 | 1,55 | | 0,06 | 1,94 | 1,67 | 6,09 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 8 - Cambissolo - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/ kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|---|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-20 | 0 | 0 | 1000 | 40 | 170 | 430 | 36 | 31 | 14 | 1,19 | 1,23 | 2,73 | 55 |
| BA | -50 | 0 | 0 | 1000 | 10 | 70 | 470 | 45 | 1 | 98 | 1,04 | 1,21 | 2,74 | 56 |
| Bi1 | -72 | 0 | 0 | 1000 | 20 | 60 | 470 | 45 | 1 | 98 | 1,04 | 1,19 | 2,65 | 55 |
| Bi2 | -101 | 0 | 0 | 1000 | 20 | 80 | 420 | 48 | 1 | 98 | 0,88 | 1,15 | 2,65 | 57 |
| Bi3 | -135 | 0 | 0 | 1000 | 20 | 40 | 440 | 50 | 10 | 80 | 0,88 | 1,17 | 2,60 | 55 |
| C1 | -141 | 0 | 40 | 960 | 830 | 50 | 10 | 11 | 9 | 18 | 0,09 | 1,44 | 2,72 | 47 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 5,6 | 6,7 | 5,8 | 4,6 | 1,29 | 0,39 | 12,1 | tr | 11,5 | 23,6 | 51 | 0 | 17 | |
| BA | 4,0 | 5,1 | 1,5 | 3,7 | 1,21 | 0,46 | 6,9 | 0,4 | 2,3 | 9,6 | 72 | 0 | 16 | |
| Bi1 | 4,2 | 5,3 | 1,9 | 4,2 | 1,12 | 0,61 | 7,8 | tr | 2,3 | 10,3 | 76 | 5 | 15 | |
| Bi2 | 4,6 | 5,7 | 2,5 | 5,0 | 0,62 | 0,65 | 8,8 | tr | 2,3 | 11,1 | 79 | 3 | 16 | |
| Bi3 | 4,9 | 6,1 | 2,5 | 5,7 | 0,49 | 0,67 | 9,4 | tr | 2,1 | 11,5 | 82 | 0 | 19 | |
| C1 | 4,9 | 6,4 | 0,4 | 1,0 | 0,09 | 0,07 | 1,6 | tr | 0,7 | 2,3 | 70 | 0 | 11 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | | AlFe ¹ | |
| Ap | 14,3 | 1,2 | 12 | 24,8 | 20,6 | 7,5 | 0,72 | | | | 2,05 | 1,66 | 4,31 | 34 |
| BA | 4,8 | 0,5 | 10 | 29,2 | 22,8 | 8,1 | 0,86 | | | | 2,18 | 1,77 | 4,42 | 40 |
| Bi1 | 4,7 | 0,5 | 9 | 29,2 | 23,2 | 8,2 | 0,84 | | | | 2,14 | 1,74 | 4,44 | 42 |
| Bi2 | 4,8 | 0,5 | 10 | 29,2 | 23,6 | 8,1 | 0,84 | | | | 2,10 | 1,72 | 4,57 | 42 |
| Bi3 | 5,1 | 0,5 | 10 | 29,8 | 24,1 | 8,3 | 0,86 | | | | 2,10 | 1,72 | 4,56 | 42 |
| C1 | 1,5 | 0,2 | 8 | 3,9 | 3,7 | 1,0 | 0,13 | | | | 1,79 | 1,53 | 5,81 | 7 |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 8 - Cambissolo - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| C2 | -147 | 0 | 0 | 1000 | 200 | 310 | 240 | 250 | 23 | 8 | 0,96 | 1,28 | 2,76 | 54 |
| C3 | -154 | 0 | 80 | 920 | 370 | 50 | 10 | 70 | 6 | 14 | 0,14 | 1,41 | 2,75 | 49 |
| C4 | -179 | 0 | 160 | 840 | 950 | 20 | tr | 30 | 2 | 33 | 0,00 | 1,40 | 2,78 | 50 |
| C5 | -191 | 0 | 100 | 900 | 960 | 10 | tr | 30 | 3 | 00 | 0,00 | 1,38 | 2,78 | 50 |
| Cg1 | -201+ | 0 | 0 | 1000 | 70 | 370 | 310 | 250 | 20 | 20 | 1,24 | 1,05 | 2,61 | 60 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| C2 | 4,8 | 6,1 | 1,6 | 3,1 | 0,32 | 0,35 | 5,4 | tr | 1,4 | 6,8 | 79 | 0 | 17 | |
| C3 | 5,2 | 6,0 | 0,2 | 0,4 | 0,04 | 0,06 | 0,7 | tr | 0,5 | 1,2 | 59 | 0 | 12 | |
| C4 | 5,5 | 6,9 | 0,2 | 0,4 | 0,02 | 0,05 | 0,7 | tr | 0,2 | 0,9 | 78 | 0 | 8 | |
| C5 | 5,6 | 6,2 | 0,2 | 0,4 | 0,01 | 0,04 | 0,7 | tr | 0,4 | 1,1 | 64 | 0 | 7 | |
| Cg1 | 4,3 | 5,7 | 3,0 | 4,4 | 0,33 | 0,47 | 8,2 | tr | 4,2 | 12,4 | 66 | 0 | 14 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | | AlFe ¹ | |
| C2 | 3,1 | 0,3 | 10 | 17,4 | 14,2 | 5,8 | 0,63 | | | | 2,08 | 1,65 | 3,84 | 26 |
| C3 | 1,0 | 0,1 | 10 | 2,7 | 2,7 | 1,3 | 0,16 | | | | 1,70 | 1,30 | 3,26 | 5 |
| C4 | 0,7 | 0,1 | 7 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 0,06 | | | | 2,08 | 1,53 | 2,83 | 2 |
| C5 | 0,9 | 0,1 | 9 | 1,0 | 1,0 | 2,3 | 0,04 | | | | 1,70 | 0,69 | 0,68 | 2 |
| Cg1 | 20,3 | 1,4 | 15 | 22,7 | 19,4 | 3,4 | 0,77 | | | | 1,99 | 1,79 | 8,96 | 36 |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 9 - Cambissolo - Análises físicas e químicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica % TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-19 | 0 | 0 | 1000 | 90 | 110 | 380 | 430 | 38 | 12 | 0,86 | 1,14 | 2,66 | 57 |
| BA | -32 | 0 | 0 | 1000 | 70 | 110 | 360 | 460 | 38 | 17 | 0,78 | 1,31 | 2,66 | 51 |
| Bi1 | -56 | 0 | 0 | 1000 | 30 | 250 | 380 | 340 | 23 | 32 | 0,12 | 1,22 | 2,63 | 54 |
| Bi2 | -82 | 0 | 0 | 1000 | 160 | 50 | 330 | 460 | 25 | 46 | 0,72 | 1,24 | 2,69 | 54 |
| Bi3 | -111 | 0 | 0 | 1000 | 110 | 50 | 290 | 550 | 11 | 80 | 0,53 | 1,30 | 2,70 | 52 |
| Bi4 | -138 | 0 | 0 | 1000 | 100 | 60 | 270 | 570 | tr | 100 | 0,47 | 1,28 | 2,74 | 53 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,4 | 5,5 | 4,6 | 4,8 | 0,10 | 0,06 | 9,6 | tr | 3,9 | 13,5 | 71 | 0 | 4 | |
| BA | 4,2 | 5,2 | 4,2 | 4,8 | 0,04 | 0,07 | 9,1 | 0,1 | 3,9 | 13,1 | 69 | 1 | 3 | |
| Bi1 | 4,6 | 5,9 | 2,3 | 3,8 | 0,03 | 0,17 | 6,3 | tr | 2,1 | 8,4 | 75 | 0 | 4 | |
| Bi2 | 4,4 | 6,0 | 1,9 | 4,7 | 0,03 | 0,23 | 6,9 | tr | 2,9 | 9,8 | 70 | 0 | 7 | |
| Bi3 | 4,0 | 6,1 | 1,5 | 4,3 | 0,02 | 0,20 | 6,0 | 0,3 | 2,9 | 9,2 | 65 | 5 | 4 | |
| Bi4 | 4,3 | 6,1 | 1,5 | 4,3 | 0,02 | 0,22 | 6,0 | tr | 2,4 | 8,4 | 71 | 0 | 4 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 14,8 | 1,4 | 11 | 26,2 | 19,4 | 8,0 | 0,73 | | | | 2,30 | 1,82 | 3,81 | 36 |
| BA | 6,2 | 1,2 | 5 | 26,8 | 20,9 | 8,3 | 0,77 | | | | 2,18 | 1,74 | 3,95 | 35 |
| Bi1 | 5,3 | 0,6 | 9 | 24,9 | 19,5 | 7,8 | 0,79 | | | | 2,17 | 1,73 | 3,93 | 34 |
| Bi2 | 5,7 | 0,6 | 10 | 29,5 | 22,4 | 9,3 | 0,85 | | | | 2,24 | 1,77 | 3,78 | 40 |
| Bi3 | 5,9 | 0,5 | 12 | 26,5 | 20,4 | 5,5 | 0,77 | | | | 2,20 | 1,88 | 5,82 | 34 |
| Bi4 | 4,6 | 0,4 | 12 | 31,4 | 24,2 | 7,0 | 0,80 | | | | 2,21 | 1,86 | 5,43 | 36 |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 9 - Cambissolo - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| Bi5 | -156 | 0 | 0 | 1000 | 30 | 230 | 290 | 450 | 0 | 100 | 0,64 | 1,34 | 2,73 | 51 |
| C1 | -172 | 0 | 20 | 980 | 850 | 60 | 10 | 80 | 8 | 0 | 0,13 | 1,52 | 2,73 | 44 |
| C2 | -188 | 0 | 10 | 990 | 830 | 110 | 10 | 50 | 5 | 0 | 0,20 | 1,44 | 2,78 | 48 |
| C3 | -206 | 0 | 10 | 990 | 710 | 240 | 20 | 30 | 2 | 33 | 0,67 | 1,39 | 2,83 | 51 |
| C4 | -215+ | 0 | 10 | 990 | 510 | 380 | 30 | 80 | 3 | 63 | 0,38 | 1,32 | 2,83 | 53 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo meq/100g TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Bi5 | 4,4 | 6,1 | 1,1 | 3,8 | 0,01 | 0,21 | 5,1 | tr | 1,9 | 7,0 | 73 | 0 | 5 | |
| C1 | 4,5 | 6,2 | 0,2 | 0,8 | 0 | 0,04 | 1,0 | tr | 0,4 | 1,4 | 71 | 0 | 7 | |
| C2 | 4,8 | 6,1 | 0,2 | 0,6 | 0 | 0,03 | 0,8 | tr | 0,6 | 1,4 | 57 | 0 | 7 | |
| C3 | 5,2 | 6,1 | 0,2 | 0,4 | 0 | 0,02 | 0,6 | tr | 0,5 | 1,1 | 55 | 0 | 6 | |
| C4 | 5,2 | 6,1 | 0,2 | 0,4 | 0 | 0,03 | 0,6 | tr | 0,6 | 1,2 | 50 | 0 | 8 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Bi5 | 3,9 | 0,4 | 10 | 27,3 | 20,3 | 8,3 | 0,69 | | | | 2,29 | 1,81 | 3,83 | 33 |
| C1 | 3,1 | 0,1 | 31 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 0,12 | | | | 2,31 | 1,61 | 2,31 | 7 |
| C2 | 1,2 | tr | 12 | 2,4 | 0,8 | 2,7 | 0,09 | | | | 5,10 | 1,61 | 0,46 | 4 |
| C3 | 1,4 | 0,1 | 14 | 2,6 | 1,3 | 6,3 | 0,28 | | | | 3,40 | 0,83 | 0,32 | 5 |
| C4 | 1,4 | 0,1 | 14 | 2,3 | 1,5 | 6,5 | 0,20 | | | | 2,61 | 0,69 | 0,36 | 7 |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil - 10 - GHS - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| Hp | 0-26 | 0 | 0 | 1000 | 20 | 20 | 340 | 620 | 48 | 23 | 0,55 | 0,62 | 2,30 | 73 |
| C1 | 34 | 0 | 0 | 1000 | 40 | 80 | 350 | 530 | 0 | 100 | 0,66 | 0,60 | 2,39 | 75 |
| C2 | 52 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 20 | 210 | 770 | 48 | 38 | 0,27 | 0,67 | 2,47 | 73 |
| C3 | 60 | 0 | 0 | 1000 | tr | 30 | 290 | 680 | 46 | 32 | 0,43 | 0,66 | 2,45 | 73 |
| Cg1 | 101 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 10 | 190 | 800 | 28 | 65 | 0,24 | 1,17 | 2,65 | 56 |
| Cg2 | 108 | 0 | 0 | 1000 | tr | 20 | 190 | 790 | 41 | 48 | 0,24 | 1,01 | 2,52 | 60 |
| Cg3 | 160+ | 0 | 0 | 1000 | 20 | 50 | 180 | 750 | 50 | 33 | 0,24 | 1,06 | 2,55 | 58 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | Passimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Hp | 3,4 | 3,5 | 5,3 | 2,7 | 0,86 | 0,17 | 9,0 | 10,9 | 22,8 | 42,7 | 21 | 55 | 32 | |
| C1 | 3,7 | 3,8 | 4,5 | 3,2 | 0,63 | 0,41 | 8,7 | 10,8 | 22,9 | 42,4 | 21 | 55 | 117 | |
| C2 | 3,7 | 3,9 | 7,2 | 7,1 | 0,17 | 0,50 | 15,0 | 5,6 | 15,3 | 35,9 | 42 | 27 | 21 | |
| C3 | 3,7 | 4,2 | 7,8 | 6,0 | 0,09 | 0,20 | 14,1 | 3,7 | 16,1 | 33,9 | 42 | 21 | 5 | |
| Cg1 | 3,7 | 4,4 | 5,1 | 5,9 | 0,17 | 0,37 | 21,5 | 2,2 | 4,5 | 18,2 | 63 | 16 | 2 | |
| Cg2 | 3,9 | 4,5 | 12,6 | 8,4 | 0,31 | 0,19 | 15,5 | 2,3 | 26,7 | 50,5 | 43 | 10 | 11 | |
| Cg3 | 3,9 | 4,5 | 6,9 | 8,1 | 0,30 | 0,18 | 15,5 | 0,8 | 6,0 | 22,3 | 69 | 5 | 9 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Hp | 198,6 | 15,3 | 13 | 17,3 | 16,3 | 4,6 | 0,30 | | | 1,80 | 1,53 | 5,56 | 69 | |
| C1 | 99,0 | 7,7 | 13 | 29,8 | 23,9 | 2,6 | 0,56 | | | 2,12 | 1,98 | 14,43 | 80 | |
| C2 | 58,4 | 6,4 | 9 | 30,4 | 25,8 | 3,1 | 0,56 | | | 2,00 | 1,86 | 13,07 | 70 | |
| C3 | 79,4 | 5,4 | 15 | 26,2 | 22,1 | 2,3 | 0,44 | | | 2,02 | 1,89 | 15,10 | 69 | |
| Cg1 | 13,0 | 0,9 | 14 | 31,4 | 31,3 | 2,9 | 0,70 | | | 1,70 | 1,61 | 16,95 | 48 | |
| Cg2 | 117,3 | 4,0 | 30 | 24,4 | 26,4 | 2,3 | 0,44 | | | 1,57 | 1,49 | 18,02 | 57 | |
| Cg3 | 26,6 | 0,1 | 27 | 31,4 | 24,6 | 2,8 | 0,77 | | | 2,17 | 2,02 | 13,80 | 44 | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 11 - GPH - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-15 | 0 | 0 | 1000 | 130 | 50 | 90 | 630 | 30 | 52 | 0,14 | 0,64 | 2,36 | 73 |
| Cg1 | -40 | 0 | 0 | 1000 | 140 | 50 | 40 | 670 | 55 | 18 | 0,06 | 1,16 | 2,50 | 54 |
| Cg2 | -61 | 0 | 0 | 1000 | 120 | 80 | 110 | 690 | 41 | 41 | 0,16 | 1,07 | 2,56 | 58 |
| Cg3 | -75+ | 0 | 0 | 1000 | 190 | 70 | 240 | 500 | 09 | 82 | 0,48 | 1,42 | 2,61 | 46 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KCl N | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,0 | 4,5 | 2,3 | 1,1 | 0,18 | 0,60 | 4,2 | 3,7 | 14,6 | 22,5 | 19 | 47 | 5 | |
| Cg1 | 4,0 | 4,9 | 2,4 | 1,2 | 0,01 | 0,23 | 3,8 | 2,1 | 3,2 | 9,1 | 42 | 35 | <1 | |
| Cg2 | 3,9 | 5,0 | 2,8 | 1,7 | 0,01 | 0,23 | 4,7 | 1,9 | 3,1 | 9,7 | 49 | 29 | <1 | |
| Cg2 | 3,9 | 5,0 | 2,5 | 1,5 | 0,01 | 0,16 | 4,2 | 1,2 | 1,9 | 7,3 | 57 | 22 | 2 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 45,7 | | | 20,9 | 17,4 | 2,3 | 1,26 | | | 2,04 | 1,57 | 11,88 | | |
| Cg1 | 6,6 | | | 20,4 | 19,4 | 2,7 | 1,46 | | | 1,79 | 1,56 | 11,28 | | |
| Cg2 | 4,9 | | | 19,3 | 19,1 | 2,4 | 1,44 | | | 1,72 | 1,59 | 12,49 | | |
| Cg3 | 3,2 | | | 13,7 | 14,9 | 1,9 | 1,26 | | | 1,56 | 1,44 | 12,31 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 12 - PA - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap1 | 0-7 | 0 | 20 | 980 | 620 | 90 | 70 | 220 | 23 | 30 | 0,32 | 1,22 | 2,53 | 52 |
| Ap2 | -16 | 0 | 20 | 980 | 610 | 90 | 70 | 230 | 26 | 27 | 0,30 | 1,27 | 2,56 | 50 |
| AB | -23 | 0 | 30 | 970 | 460 | 120 | 90 | 330 | 33 | 78 | 0,27 | 1,45 | 2,53 | 43 |
| BA | -33 | 0 | 30 | 970 | 390 | 100 | 70 | 440 | 32 | 100 | 0,16 | 1,40 | 2,56 | 45 |
| Bt1 | -59 | 0 | 20 | 980 | 330 | 90 | 70 | 510 | 100 | 100 | 0,14 | 1,36 | 2,53 | 46 |
| Bt2 | -108 | 0 | 50 | 950 | 310 | 80 | 70 | 550 | 100 | 100 | 0,11 | 1,37 | 2,56 | 46 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _e / kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap1 | 5,0 | 4,1 | 0,5 | 0,8 | 0,11 | 0,08 | 1,5 | 0,6 | 3,4 | 5,7 | 27 | 29 | 2 | |
| Ap2 | 4,8 | 4,0 | 0,5 | | 0,10 | 0,08 | 0,7 | 0,6 | 2,9 | 4,2 | 17 | 46 | 1 | |
| AB | 4,8 | 4,0 | 0,5 | | 0,06 | 0,07 | 0,6 | 1,5 | 4,0 | 6,1 | 10 | 71 | 1 | |
| BA | 4,6 | 4,0 | 0,5 | | 0,04 | 0,06 | 0,6 | 1,8 | 3,5 | 5,9 | 10 | 75 | 1 | |
| Bt1 | 4,8 | 4,1 | 0,5 | | 0,03 | 0,06 | 0,6 | 1,8 | 2,6 | 5,0 | 12 | 75 | 1 | |
| Bt2 | 4,8 | 4,2 | 0,5 | | 0,02 | 0,06 | 0,6 | 1,5 | 2,4 | 4,5 | 13 | 71 | 1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap1 | 11,7 | 1,0 | 12 | 7,6 | 10,8 | 2,5 | 0,35 | | | 1,20 | 1,04 | 6,79 | | |
| Ap2 | 10,9 | 0,9 | 12 | 7,2 | 10,1 | 2,0 | 0,30 | | | 1,21 | 1,08 | 7,92 | | |
| AB | 12,7 | 1,1 | 12 | 11,4 | 14,4 | 3,4 | 0,52 | | | 1,35 | 1,17 | 6,63 | | |
| BA | 8,4 | 1,0 | 8 | 14,2 | 17,3 | 4,6 | 0,60 | | | 1,40 | 1,19 | 5,91 | | |
| Bt1 | 6,7 | 0,8 | 8 | 16,9 | 20,4 | 5,4 | 0,70 | | | 1,41 | 1,21 | 5,93 | | |
| Bt2 | 4,6 | 0,6 | 8 | 17,9 | 20,9 | 5,5 | 0,70 | | | 1,46 | 1,25 | 5,96 | | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 12 - PA - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Bt3 | -209 | 0 | 40 | 960 | 310 | 90 | 80 | 520 | 0 | 100 | 0,15 | 1,35 | 2,60 | 48 |
| Bt4 | -246 | 0 | 30 | 970 | 300 | 60 | 60 | 580 | 0 | 100 | 0,10 | 1,41 | 2,50 | 45 |
| BC | -282 | 0 | 70 | 930 | 310 | 90 | 120 | 480 | 0 | 100 | 0,25 | 1,41 | 2,60 | 46 |
| 2C | -282+ | 0 | 40 | 960 | 260 | 90 | 370 | 280 | 0 | 100 | 0,32 | 1,56 | 2,60 | 40 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c / kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KCl N | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Bt3 | 4,2 | 4,7 | 0,3 | 0,02 | 0,05 | 0,4 | 1,5 | 1,9 | 3,8 | 11 | 79 | 1 | | |
| Bt4 | 4,3 | 5,0 | 0,3 | 0,02 | 0,06 | 0,4 | 0,9 | 2,2 | 3,5 | 11 | 69 | 1 | | |
| BC | 4,3 | 5,0 | 0,3 | 0,02 | 0,06 | 0,4 | 0,9 | 1,9 | 3,2 | 13 | 69 | 1 | | |
| 2C | 4,1 | 5,0 | 0,3 | 0,02 | 0,06 | 0,4 | 2,2 | 1,2 | 3,8 | 11 | 85 | 1 | | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Bt3 | 3,0 | 0,4 | 8 | 17,3 | 20,8 | 4,7 | 0,66 | | | 1,41 | 1,24 | 6,94 | 6,94 | |
| Bt4 | 2,6 | 0,3 | 9 | 19,5 | 22,0 | 5,6 | 0,65 | | | 1,51 | 1,30 | 6,16 | 6,16 | |
| BC | 2,4 | 0,3 | 8 | 18,6 | 21,4 | 5,5 | 0,60 | | | 1,48 | 1,27 | 6,10 | 6,10 | |
| 2C | 1,5 | 0,2 | 8 | 23,0 | 22,5 | 5,7 | 0,60 | | | 1,74 | 1,50 | 6,20 | 6,20 | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 13 - PA - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-13 | 0 | 10 | 990 | 590 | 150 | 100 | 160 | 9 | 44 | 0,63 | 1,41 | 2,50 | 44 |
| AB | -31 | 0 | 20 | 980 | 550 | 170 | 100 | 180 | 13 | 28 | 0,56 | 1,45 | 2,53 | 43 |
| BA | -53 | 0 | 30 | 970 | 450 | 150 | 100 | 300 | 27 | 10 | 0,33 | 1,56 | 2,50 | 38 |
| Bt1 | -91 | 0 | 20 | 980 | 310 | 100 | 80 | 510 | 0 | 100 | 0,16 | 1,58 | 2,50 | 37 |
| Bt2 | 109 | 0 | 20 | 980 | 280 | 80 | 60 | 580 | 0 | 100 | 0,10 | 1,55 | 2,60 | 40 |
| 2Bt3 | -147 | 0 | 20 | 980 | 240 | 60 | 100 | 600 | 0 | 100 | 0,17 | 1,43 | 2,56 | 44 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _e / kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 5,1 | 5,9 | 2,3 | 1,1 | 0,20 | 0,28 | 3,9 | 0,0 | 2,8 | 6,7 | 58 | 0 | 21 | |
| AB | 4,1 | 5,5 | 1,8 | 0,4 | 0,06 | 0,06 | 2,3 | 0,0 | 2,4 | 4,7 | 49 | 0 | 4 | |
| BA | 4,5 | 5,5 | 1,6 | 0,6 | 0,05 | 0,06 | 2,3 | 0,0 | 2,0 | 4,3 | 53 | 0 | 3 | |
| Bt | 4,8 | 5,2 | 1,3 | 0,7 | 0,11 | 0,05 | 2,2 | 0,4 | 2,3 | 4,9 | 45 | 15 | 7 | |
| Bt2 | 4,1 | 5,0 | 0,6 | 1,1 | 0,40 | 0,10 | 2,2 | 1,2 | 2,1 | 5,5 | 40 | 35 | 2 | |
| 2Bt3 | 4,1 | 4,9 | 0,6 | 1,1 | 0,61 | 0,19 | 2,5 | 1,2 | 2,3 | 6,0 | 42 | 32 | 2 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | | AlFe ¹ | |
| Ap | 14,0 | 1,2 | 12 | 5,9 | 4,8 | 1,0 | 0,44 | | | | 2,09 | 1,84 | 7,60 | |
| AB | 7,3 | 0,7 | 10 | 6,6 | 5,5 | 1,9 | 0,43 | | | | 2,04 | 1,67 | 4,53 | |
| BA | 6,2 | 0,6 | 10 | 10,8 | 10,6 | 2,1 | 0,56 | | | | 1,73 | 1,54 | 7,93 | |
| Bt1 | 3,4 | 0,4 | 9 | 18,6 | 18,8 | 3,4 | 0,71 | | | | 1,68 | 1,51 | 8,65 | |
| Bt2 | 3,3 | 0,4 | 8 | 21,6 | 20,3 | 4,1 | 0,75 | | | | 1,81 | 1,60 | 7,77 | |
| 2Bt3 | 2,8 | 0,4 | 7 | 23,5 | 21,9 | 4,2 | 0,76 | | | | 1,82 | 1,63 | 8,19 | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 13 - PA - Análises físicas e químicas

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2μ | | | | Dg | Dp | |
| 2BC | -179 | 0 | 40 | 960 | 260 | 70 | 200 | 47 | 0 | 100 | 0,43 | 1,51 | 2,56 | 41 |
| 2C | -225 | 0 | 20 | 980 | 290 | 100 | 270 | 34 | 0 | 100 | 0,79 | 1,54 | 2,56 | 40 |
| 2CR | -225+ | 0 | 60 | 940 | 310 | 240 | 290 | 16 | 0 | 100 | 0,81 | 1,43 | 2,56 | 44 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c / kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturação por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KCl N | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| 2BC | 4,0 | 4,9 | 0,4 | 0,8 | 0,67 | 0,16 | 2,0 | 1,5 | 1,9 | 5,4 | 37 | 43 | 2 | |
| 2C | 4,1 | 4,9 | 0,7 | | 0,71 | 0,23 | 1,6 | 1,2 | 1,6 | 4,4 | 36 | 43 | 2 | |
| 2Cr | 4,0 | 5,1 | 0,7 | | 0,13 | 0,12 | 1,0 | 1,8 | 0,8 | 3,6 | 28 | 64 | 1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| 2BC | 1,1 | 0,2 | 6 | 21,0 | 21,1 | 4,0 | 0,59 | | | 1,69 | 1,51 | 8,28 | | |
| 2C | 1,9 | 0,3 | 6 | 20,4 | 19,5 | 3,6 | 0,56 | | | 1,78 | 1,59 | 8,50 | | |
| 2Cr | 1,2 | 0,3 | 4 | 19,4 | 18,6 | 5,7 | 0,74 | | | 1,77 | 1,48 | 5,12 | | |

¹ Al₂O₃/Fe₂O₃

Perfil 14 - PA - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| Ap | 0-22 | 0 | 10 | 990 | 460 | 220 | 70 | 250 | 17 | 32 | 0,28 | 1,54 | 2,60 | 41 |
| A | -44 | 0 | 10 | 990 | 400 | 240 | 90 | 270 | 19 | 30 | 0,33 | 1,59 | 2,64 | 40 |
| AB | -70 | 0 | 10 | 990 | 370 | 250 | 60 | 320 | 25 | 22 | 0,19 | 1,45 | 2,65 | 45 |
| BA | -99 | 0 | 10 | 990 | 330 | 150 | 50 | 470 | 03 | 94 | 0,11 | 1,54 | 2,73 | 44 |
| Bt1 | -123 | 0 | 10 | 990 | 290 | 150 | 50 | 510 | 01 | 98 | 0,10 | 1,41 | 2,76 | 49 |
| Bt2 | -168 | 0 | 10 | 990 | 290 | 110 | 60 | 540 | 01 | 98 | 0,11 | 1,42 | 2,63 | 46 |
| BC | -187 | 0 | 10 | 990 | 290 | 150 | 50 | 510 | 02 | 96 | 0,10 | 1,31 | 2,55 | 49 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _c /kg TFSE | | | | | | | | Valor V % | Saturaçã o por Al % | P assimi- lável mg/kg | |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ³⁺ | H ⁺ | T | | | | |
| Ap | 4,1 | 5,2 | 0,5 | 0,8 | 0,07 | 0,04 | 1,4 | 0,9 | 3,7 | 6,0 | 23 | 39 | 2 | |
| A | 4,2 | 5,0 | 0,4 | 0,4 | 0,04 | 0,03 | 0,9 | 1,1 | 2,8 | 4,8 | 18 | 56 | | |
| AB | 4,2 | 5,1 | 0,3 | 0,5 | 0,02 | 0,02 | 0,8 | 1,1 | 1,8 | 3,7 | 22 | 57 | 1 | |
| BA | 4,0 | 4,9 | 0,4 | 0,3 | 0,01 | 0,03 | 0,7 | 2,0 | 2,5 | 5,2 | 14 | 73 | <1 | |
| Bt1 | 4,1 | 4,8 | 0,1 | 0,2 | 0,01 | 0,03 | 0,3 | 2,4 | 2,2 | 4,9 | 07 | 88 | <1 | |
| Bt2 | 4,2 | 4,9 | 0,2 | 0,2 | 0,01 | 0,05 | 0,5 | 2,0 | 1,9 | 4,4 | 11 | 81 | <1 | |
| BC | 4,2 | 5,0 | 0,3 | 0,3 | 0,01 | 0,04 | 0,8 | 1,5 | 1,7 | 4,0 | 19 | 67 | <1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| Ap | 10,9 | | | 6,7 | 6,9 | 2,1 | 0,84 | | | 1,65 | 1,38 | 5,16 | | |
| A | 8,4 | | | 6,9 | 7,3 | 2,5 | 0,92 | | | 1,61 | 1,31 | 4,58 | | |
| AB | 4,6 | | | 7,3 | 8,3 | 2,5 | 0,92 | | | 1,49 | 1,39 | 5,21 | | |
| BA | 4,1 | | | 11,2 | 14,9 | 4,1 | 1,09 | | | 1,28 | 1,09 | 5,70 | | |
| Bt1 | 4,0 | | | 12,3 | 17,3 | 4,8 | 1,22 | | | 1,21 | 1,03 | 5,65 | | |
| Bt2 | 3,8 | | | 13,9 | 16,5 | 4,6 | 1,17 | | | 1,43 | 1,21 | 5,63 | | |
| BC | 3,3 | | | 17,9 | 17,2 | 4,8 | 1,26 | | | 1,77 | 1,50 | 5,62 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

Perfil 15 - Planossolo - Análises químicas e físicas.

| Horizonte | | Frações da amostra total g/kg | | | Composição granulométrica g/kg TFSE | | | | Argila Dispersa em água % | Grau de Flocu- lação | Relação Silte/ Argila | Densidade Mg/m ³ | | Porosidade % Volume |
|-----------|-------------|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Símb | Prof. cm | Calhau | Cascalho | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila < 2 μ | | | | Dg | Dp | |
| A1 | 0-16 | 0 | 0 | 1000 | 510 | 360 | 40 | 90 | 04 | 56 | 0,44 | 1,44 | 2,64 | 45 |
| A2 | -28 | 0 | 0 | 1000 | 480 | 350 | 70 | 100 | 08 | 20 | 0,70 | 1,57 | 2,68 | 41 |
| E | -68 | 0 | 0 | 1000 | 600 | 230 | 50 | 120 | 10 | 17 | 0,42 | 1,60 | 2,65 | 40 |
| Btx1 | -84 | 0 | 20 | 980 | 450 | 160 | 10 | 380 | 04 | 89 | 0,03 | 1,71 | 2,63 | 34 |
| Bt2 | -106 | 0 | 20 | 980 | 410 | 170 | 0 | 420 | 03 | 93 | 0,00 | 1,60 | 2,64 | 39 |
| Bt3 | -141+ | 0 | 20 | 990 | 370 | 120 | 30 | 480 | 01 | 98 | 0,06 | 1,55 | 2,66 | 42 |
| Horizonte | pH (1:2,5) | | Complexo sortivo cmol _e /kg TFSE | | | | | | | | | Valor V % | Saturaçã o por Al % | P assimi- lável mg/kg |
| | KClN | H ₂ O | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺³ | H ⁺ | T | | | | |
| A1 | 4,3 | 5,4 | 0,4 | 0,4 | 0,08 | 0,04 | 0,9 | 0,5 | 2,7 | 4,1 | 22 | 35 | 3 | |
| A2 | 4,3 | 5,1 | 0,1 | 0,2 | 0,03 | 0,03 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 2,8 | 13 | 69 | 2 | |
| BA | 4,3 | 5,2 | 0,2 | 0,0 | 0,03 | 0,02 | 0,3 | 0,7 | 0,9 | 1,9 | 14 | 74 | <1 | |
| Btx1 | 4,0 | 5,1 | 0,4 | 0,5 | 0,01 | 0,06 | 1,0 | 2,1 | 1,5 | 4,6 | 21 | 68 | <1 | |
| Bt2 | 4,2 | 5,1 | 0,3 | 0,6 | 0,01 | 0,06 | 1,0 | 2,4 | 1,5 | 4,9 | 25 | 71 | 1 | |
| Bt3 | 4,1 | 5,0 | 0,3 | 0,3 | 0,03 | 0,07 | 0,7 | 3,0 | 1,3 | 5,0 | 14 | 81 | 1 | |
| Horizonte | C.O g/kg | N g/kg | C/N | Ataque sulfúrico (H ₂ SO ₄ 1:1) | | | | | | Relações moleculares | | | Equivalente CaCO ₃ % | |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | ki | kr | AlFe ¹ | | |
| A1 | 9,7 | | | 2,6 | 1,4 | 0,3 | 0,38 | | | 3,16 | 2,78 | 7,33 | | |
| A2 | 4,7 | | | 3,8 | 2,2 | 0,4 | 0,66 | | | 2,93 | 2,63 | 8,63 | | |
| E | 2,6 | | | 4,4 | 3,1 | 0,7 | 0,69 | | | 2,41 | 2,10 | 6,95 | | |
| Btx1 | 2,6 | | | 12,8 | 10,9 | 1,8 | 0,87 | | | 2,00 | 1,80 | 9,51 | | |
| Bt2 | 2,3 | | | 14,8 | 14,5 | 3,2 | 1,10 | | | 1,73 | 1,52 | 7,70 | | |
| Bt3 | 2,2 | | | 12,5 | 14,5 | 3,8 | 1,03 | | | 1,46 | 1,26 | 6,49 | | |

¹ Al₂O₃/F₂O₃

ANEXO 2

Tabela 1 - Teores de Fe, Al e Mn extraídos com ditionito citrato bicarbonato de sódio (Fed, Al e Mnd), oxalato ácido de amônio (Feo, Alo e Mno) e pelo ataque sulfúrico (Fet e Alt).

| Perfil P1 | Fet | Fed | Feo | Alt | Ald | Alo | Mnd | Mno |
|-----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | % | | | | | | µg/g | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Aep | 6,43 | 5,52 | 0,31 | 10,58 | 0,92 | 0,62 | 0,04 | 0,26 |
| AB | 6,71 | 6,16 | 0,50 | 11,59 | 1,06 | 0,62 | 0,02 | 0,20 |
| BA | 6,92 | 6,39 | 0,26 | 11,64 | 0,79 | 0,21 | 0,02 | 0,16 |
| Bw1 | 7,20 | 6,75 | 0,17 | 11,85 | 0,92 | 0,22 | 0,02 | 0,12 |
| Bw2 | 7,20 | 6,31 | 0,08 | 12,12 | 1,19 | 0,23 | 0,02 | 0,12 |
| Bw3 | 6,85 | 6,37 | 0,07 | 12,17 | 0,86 | 0,24 | 0,02 | 0,14 |
| Bw4 | 6,92 | 6,15 | 0,09 | 12,17 | 1,06 | 0,39 | 0,00 | 0,12 |
| Bw5 | 6,71 | 6,16 | 0,09 | 12,43 | 1,00 | 0,39 | 0,00 | 0,12 |
| | | | | | | | | |
| Perfil P2 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Aep | 1,05 | 0,63 | 0,27 | 3,33 | 0,11 | 0,07 | 1,12 | 1,10 |
| E | 1,26 | 0,65 | 0,28 | 4,44 | 0,30 | 0,16 | 0,32 | 0,32 |
| 2Bt1 | 2,45 | 1,52 | 0,33 | 8,99 | 0,46 | 0,23 | 0,02 | 0,02 |
| 2Bt2 | 3,36 | 1,97 | 0,33 | 10,85 | 0,46 | 0,23 | 0,02 | 0,02 |
| 2BC | 3,36 | 1,49 | 0,20 | 10,85 | 0,20 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |
| 2Cr1 | 3,01 | 1,05 | 0,13 | 10,21 | 0,19 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |
| 2Cr2 | 2,45 | 0,64 | 0,11 | 8,68 | 0,22 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |
| 2Cr3 | 3,29 | 0,50 | 0,09 | 9,31 | 0,24 | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| | | | | | | | | |
| Perfil P3 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 3,29 | 2,95 | 0,55 | 5,15 | 0,38 | 0,21 | 1,82 | 3,64 |
| AB | 3,71 | 2,90 | 0,31 | 5,67 | 0,46 | 0,20 | 1,10 | 2,46 |
| BA | 3,99 | 3,15 | 0,18 | 5,82 | 1,16 | 0,17 | 0,84 | 1,90 |
| Bt1 | 4,68 | 3,75 | 0,18 | 7,84 | 0,27 | 0,10 | 0,38 | 1,48 |
| Bt2 | 5,52 | 4,25 | 0,15 | 9,69 | 0,54 | 0,17 | 0,12 | 0,96 |
| Bt3 | 6,29 | 4,95 | 0,16 | 10,76 | 0,15 | 0,03 | 0,12 | 0,72 |
| BC | 5,45 | 4,55 | 0,17 | 10,32 | 0,23 | 0,07 | 0,08 | 0,60 |
| C | 5,80 | 3,75 | 0,16 | 10,27 | 0,23 | 0,07 | 0,02 | 0,30 |

Tabela 2 - Relações Fed/Fet, Feo/Fed, Ald/Alt, Alo/Ald, Fed/Arg e Ald/Arg.

| Perfil P1 | Fed/Fet | Feo/Fed | Ald/Alt | Alo/Ald | Fed/Arg x 100 | Ald/Arg x 100 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------------|
| Horizonte | | | | | | |
| Aep | 0,86 | 0,06 | 0,09 | 0,67 | 10,2 | 1,7 |
| AB | 0,92 | 0,08 | 0,09 | 0,58 | 11,0 | 1,9 |
| BA | 0,92 | 0,04 | 0,07 | 0,27 | 10,5 | 1,3 |
| Bw1 | 0,94 | 0,03 | 0,08 | 0,24 | 10,7 | 1,5 |
| Bw2 | 0,88 | 0,01 | 0,10 | 0,19 | 10,2 | 1,9 |
| Bw3 | 0,93 | 0,01 | 0,07 | 0,28 | 10,8 | 1,5 |
| Bw4 | 0,89 | 0,01 | 0,09 | 0,37 | 10,1 | 1,7 |
| Bw5 | 0,92 | 0,01 | 0,08 | 0,39 | 10,1 | 1,6 |
| | | | | | | |
| Perfil P2 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Aep | 0,60 | 0,43 | 0,03 | 0,64 | 3,2 | 0,6 |
| E | 0,52 | 0,43 | 0,07 | 0,53 | 3,0 | 1,4 |
| 2Bt1 | 0,62 | 0,22 | 0,05 | 0,50 | 3,5 | 1,0 |
| 2Bt2 | 0,59 | 0,17 | 0,04 | 0,50 | 4,6 | 1,1 |
| 2BC | 0,44 | 0,13 | 0,02 | 0,35 | 4,3 | 0,6 |
| 2Cr1 | 0,35 | 0,12 | 0,02 | 0,37 | 3,4 | 0,6 |
| 2Cr2 | 0,26 | 0,17 | 0,03 | 0,32 | 2,7 | 0,9 |
| 2Cr3 | 0,15 | 0,18 | 0,03 | 0,21 | 2,8 | 1,3 |
| | | | | | | |
| Perfil P3 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,90 | 0,19 | 0,07 | 0,55 | 9,8 | 1,3 |
| AB | 0,78 | 0,11 | 0,08 | 0,43 | 8,1 | 1,3 |
| BA | 0,79 | 0,06 | 0,20 | 0,15 | 8,1 | 3,0 |
| Bt1 | 0,80 | 0,05 | 0,03 | 0,37 | 6,9 | 0,5 |
| Bt2 | 0,77 | 0,04 | 0,06 | 0,31 | 8,0 | 1,0 |
| Bt3 | 0,79 | 0,03 | 0,01 | 0,20 | 9,5 | 0,3 |
| BC | 0,83 | 0,04 | 0,02 | 0,30 | 9,9 | 0,5 |
| C | 0,65 | 0,04 | 0,02 | 0,30 | 14,4 | 0,9 |

Tabela 3 - Teores de Fe, Al e Mn extraídos com DCB (Fed, Al e Mnd), oxalato ácido de amônio (Feo, Alo e Mno) e pelo ataque sulfúrico (Fet e Alt).

| Perfil P4 | Fet | Fed | Feo | Alt | Ald | Alo | Mnd | Mno |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | % | | | µg/g | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| A1 | 1,19 | 0,85 | 0,13 | 2,49 | 0,17 | 0,11 | 0,02 | 0,12 |
| A2 | 1,19 | 0,85 | 0,13 | 3,33 | 0,27 | 0,17 | 0,02 | 0,12 |
| AB1 | 1,33 | 1,30 | 0,14 | 4,02 | 0,16 | 0,07 | 0,04 | 0,10 |
| AB2 | 1,75 | 1,58 | 0,14 | 5,40 | 0,20 | 0,07 | 0,04 | 0,10 |
| BA1 | 1,89 | 1,88 | 0,14 | 6,56 | 0,20 | 0,10 | 0,02 | 0,10 |
| BA2 | 2,24 | 2,20 | 0,08 | 7,67 | 0,17 | 0,10 | 0,04 | 0,10 |
| Bt1 | 2,38 | 2,00 | 0,08 | 7,04 | 0,30 | 0,18 | 0,02 | 0,10 |
| Bt2 | 2,24 | 1,68 | 0,12 | 6,98 | 0,34 | 0,25 | 0,02 | 0,04 |
| Bt31 | 1,96 | 1,90 | 0,11 | 7,35 | 0,34 | 0,25 | 0,02 | 0,04 |
| Bt32 | 3,15 | 2,25 | 0,08 | 7,83 | 0,23 | 0,10 | 0,02 | 0,04 |
| Perfil P5 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 1,82 | 1,80 | 0,13 | 5,29 | 0,17 | 0,07 | 1,20 | 1,24 |
| AB | 2,31 | 2,21 | 0,14 | 7,19 | 0,17 | 0,07 | 0,66 | 0,96 |
| BA | 2,52 | 2,50 | 0,13 | 7,25 | 0,15 | 0,07 | 0,56 | 1,00 |
| Bw | 3,15 | 2,90 | 0,11 | 9,36 | 0,15 | 0,07 | 0,22 | 0,42 |
| 2C1cn | 3,36 | 3,20 | 0,06 | 9,84 | 0,38 | 0,10 | 0,16 | 0,18 |
| 2C2cn | 2,80 | 2,70 | 0,05 | 7,35 | 0,54 | 0,01 | 0,08 | 0,14 |
| 2C3cn | 2,02 | 2,00 | 0,14 | 6,19 | 0,15 | 0,01 | 0,04 | 0,04 |
| Perfil P6 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 1,19 | 0,88 | 0,19 | 4,55 | 0,26 | 0,15 | 0,04 | 0,12 |
| AB | 1,33 | 1,00 | 0,14 | 5,18 | 0,26 | 0,07 | 0,02 | 0,04 |
| BA | 1,40 | 1,25 | 0,19 | 6,08 | 0,30 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |
| Bw1 | 1,61 | 1,53 | 0,16 | 6,88 | 0,38 | 0,11 | 0,04 | 0,04 |
| Bw2 | 1,54 | 1,40 | 0,12 | 6,51 | 0,38 | 0,17 | 0,02 | 0,02 |
| Bw3 | 1,75 | 1,48 | 0,07 | 7,94 | 0,38 | 0,16 | 0,02 | 0,02 |
| BC | 1,68 | 1,23 | 0,07 | 7,51 | 0,23 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |

Tabela 4 - Relações Fed/Fet, Feo/Fed, Ald/Alt, Alo/Ald, Fed/Arg e Ald/Arg.

| Perfil P4 | Fet/Fed | Feo/Fed | Ald/Alt | Alo/Ald | Fed/Argx100 | Ald/Argx100 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|
| Horizonte | | | | | | |
| A1 | 0,71 | 0,15 | 0,07 | 0,65 | 6,1 | 1,2 |
| A2 | 0,71 | 0,15 | 0,08 | 0,63 | 5,3 | 1,7 |
| AB1 | 0,98 | 0,11 | 0,04 | 0,44 | 6,5 | 0,8 |
| AB2 | 0,90 | 0,09 | 0,04 | 0,35 | 5,9 | 0,7 |
| BA1 | 0,99 | 0,07 | 0,03 | 0,50 | 5,5 | 0,6 |
| BA2 | 0,98 | 0,04 | 0,02 | 0,59 | 5,8 | 0,4 |
| Bt1 | 0,84 | 0,04 | 0,04 | 0,60 | 5,1 | 0,8 |
| Bt2 | 0,75 | 0,07 | 0,05 | 0,74 | 4,7 | 0,9 |
| Bt31 | 0,97 | 0,06 | 0,05 | 0,74 | 4,9 | 0,9 |
| Bt32 | 0,71 | 0,04 | 0,03 | 0,43 | 5,6 | 0,6 |
| | | | | | | |
| Perfil P5 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,99 | 0,07 | 0,03 | 0,41 | 4,9 | 0,5 |
| AB | 0,96 | 0,06 | 0,02 | 0,41 | 5,7 | 0,4 |
| BA | 0,99 | 0,05 | 0,02 | 0,47 | 6,0 | 0,4 |
| Bw | 0,92 | 0,04 | 0,02 | 0,47 | 5,9 | 0,3 |
| 2C1cn | 0,95 | 0,02 | 0,04 | 0,26 | 6,4 | 0,8 |
| 2C2cn | 0,96 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 6,3 | 1,3 |
| 2C3cn | 0,99 | 0,07 | 0,02 | 0,07 | 5,9 | 0,4 |
| | | | | | | |
| Perfil P6 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,74 | 0,22 | 0,06 | 0,58 | 5,9 | 1,7 |
| AB | 0,75 | 0,14 | 0,05 | 0,27 | 4,3 | 1,1 |
| BA | 0,89 | 0,15 | 0,05 | 0,23 | 4,5 | 1,1 |
| Bw1 | 0,95 | 0,10 | 0,06 | 0,29 | 4,6 | 1,2 |
| Bw2 | 0,91 | 0,09 | 0,06 | 0,45 | 4,5 | 1,2 |
| Bw3 | 0,85 | 0,05 | 0,05 | 0,42 | 3,4 | 0,9 |
| BC | 0,73 | 0,06 | 0,03 | 0,30 | 2,9 | 0,5 |

Tabela 5 - Teores de Fe, Al e Mn extraídos DCB (Fed, Ald e Mnd), oxalato ácido de amônio (Feo, Alo Mno) e pelo ataque sulfúrico (Fet e Alt).

| Perfil P7 | Fet | Fed | Feo | Alt | Ald | Alo | Mnd | Mno |
|-----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | % | | | | | | µg/g | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 1,19 | 0,93 | 0,14 | 3,01 | 0,38 | 0,11 | 0,04 | 0,32 |
| AB | 1,54 | 1,50 | 0,16 | 4,76 | 0,43 | 0,11 | 0,02 | 0,08 |
| BA | 1,82 | 1,70 | 0,22 | 5,98 | 0,46 | 0,20 | 0,02 | 0,08 |
| Bt1 | 2,17 | 2,15 | 0,21 | 7,09 | 0,51 | 0,29 | 0,02 | 0,08 |
| Bt2 | 2,17 | 2,17 | 0,20 | 7,62 | 0,51 | 0,26 | 0,02 | 0,06 |
| Bt3 | 2,38 | 2,38 | 0,11 | 7,46 | 0,42 | 0,23 | 0,02 | 0,06 |
| BC | 2,38 | 2,23 | 0,05 | 6,98 | 0,45 | 0,17 | 0,02 | 0,04 |
| Perfil P8 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 5,24 | 5,20 | 0,92 | 10,90 | 0,27 | 0,07 | 1,18 | 4,24 |
| BA | 5,66 | 5,40 | 0,94 | 12,06 | 0,41 | 0,07 | 0,26 | 1,38 |
| Bi1 | 5,73 | 5,40 | 0,73 | 12,27 | 0,31 | 0,15 | 0,54 | 2,78 |
| Bi2 | 5,66 | 5,12 | 0,80 | 12,49 | 0,34 | 0,15 | 0,60 | 2,40 |
| Bi3 | 5,80 | 5,52 | 0,62 | 12,75 | 0,24 | 0,15 | 0,66 | 3,46 |
| C1 | 0,70 | 0,60 | 0,04 | 1,96 | 0,07 | 0,00 | 0,04 | 0,16 |
| C2 | 4,06 | 3,60 | 0,03 | 7,51 | 0,11 | 0,07 | 0,22 | 1,38 |
| C3 | 0,91 | 0,68 | 0,11 | 1,43 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,16 |
| C4 | 0,35 | 0,33 | 0,07 | 0,63 | 0,23 | 0,00 | 0,04 | 0,12 |
| C5 | 1,61 | 1,51 | 0,12 | 0,53 | 0,38 | 0,00 | 0,14 | 1,28 |
| Cg1 | 2,38 | 0,20 | 0,20 | 10,26 | 0,20 | 0,07 | 0,06 | 0,16 |
| Perfil P9 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 5,59 | 5,50 | 0,86 | 10,26 | 0,29 | 0,07 | 2,44 | 2,60 |
| BA | 5,80 | 5,48 | 0,95 | 11,06 | 0,38 | 0,07 | 2,76 | 2,86 |
| Bi1 | 5,45 | 5,11 | 0,80 | 10,31 | 0,38 | 0,07 | 1,14 | 1,20 |
| Bi2 | 6,50 | 6,24 | 0,78 | 11,85 | 0,51 | 0,23 | 1,66 | 1,72 |
| Bi3 | 3,85 | 3,12 | 0,41 | 10,79 | 0,45 | 0,20 | 0,66 | 2,66 |
| Bi4 | 4,89 | 0,60 | 0,47 | 12,80 | 0,37 | 0,15 | 0,76 | 2,64 |
| Bi5 | 5,80 | 4,80 | 0,47 | 10,74 | 0,37 | 0,15 | 0,66 | 2,84 |
| C1 | 1,19 | 0,84 | 0,21 | 1,32 | 0,07 | 0,02 | 0,10 | 0,44 |
| C2 | 1,89 | 1,29 | 0,11 | 0,42 | 0,06 | 0,00 | 0,04 | 0,44 |
| C3 | 4,40 | 3,60 | 0,29 | 0,69 | 0,15 | 0,01 | 0,08 | 0,78 |
| C4 | 4,54 | 3,35 | 0,21 | 0,79 | 0,07 | 0,01 | 0,12 | 0,86 |

Tabela 6 - Relações Fed/Fet, Feo/Fed, Ald/Alt, Alo/Ald, Fed/Arg e Ald/Arg.

| Perfil P7 | Fet/Fed | Feo/Fed | Ald/Alt | Alo/Ald | Fed/Argx100 | Ald/Argx100 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,78 | 0,15 | 0,13 | 0,29 | 5,5 | 2,2 |
| AB | 0,97 | 0,11 | 0,09 | 0,26 | 5,0 | 1,4 |
| BA | 0,93 | 0,13 | 0,08 | 0,43 | 4,9 | 1,3 |
| Bt1 | 0,99 | 0,10 | 0,07 | 0,57 | 5,0 | 1,2 |
| Bt2 | 1,00 | 0,09 | 0,07 | 0,51 | 4,7 | 1,1 |
| Bt3 | 1,00 | 0,05 | 0,06 | 0,55 | 5,5 | 1,0 |
| BC | 0,94 | 0,02 | 0,06 | 0,38 | 5,3 | 1,1 |
| | | | | | | |
| Perfil P8 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,99 | 0,18 | 0,02 | 0,26 | 14,4 | 0,8 |
| BA | 0,95 | 0,17 | 0,03 | 0,17 | 12,0 | 0,9 |
| Bi1 | 0,94 | 0,14 | 0,03 | 0,48 | 12,0 | 0,7 |
| Bi2 | 0,90 | 0,16 | 0,03 | 0,44 | 10,7 | 0,7 |
| Bi3 | 0,95 | 0,11 | 0,02 | 0,63 | 11,0 | 0,5 |
| C1 | 0,86 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 5,5 | 0,6 |
| C2 | 0,89 | 0,01 | 0,01 | 0,64 | 14,4 | 0,4 |
| C3 | 0,75 | 0,16 | 0,04 | 0,00 | 9,7 | 0,9 |
| C4 | 0,94 | 0,21 | 0,37 | 0,00 | 11,0 | 0,7 |
| C5 | 0,94 | 0,00 | 0,72 | 0,00 | 50,3 | 12,7 |
| Cg1 | 0,08 | 1,00 | 0,02 | 0,35 | 0,8 | 0,8 |
| | | | | | | |
| Perfil P9 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,98 | 0,16 | 0,03 | 0,24 | 12,8 | 0,7 |
| BA | 0,94 | 0,17 | 0,03 | 0,18 | 11,9 | 0,8 |
| Bi1 | 0,94 | 0,16 | 0,04 | 0,18 | 15,0 | 1,1 |
| Bi2 | 0,96 | 0,13 | 0,04 | 0,45 | 13,6 | 1,1 |
| Bi3 | 0,81 | 0,13 | 0,04 | 0,44 | 5,7 | 0,8 |
| Bi4 | 0,12 | 0,78 | 0,03 | 0,41 | 1,1 | 0,6 |
| Bi5 | 0,83 | 0,10 | 0,03 | 0,41 | 10,7 | 0,8 |
| C1 | 0,71 | 0,25 | 0,05 | 0,29 | 10,5 | 0,9 |
| C2 | 0,68 | 0,09 | 0,14 | 0,00 | 25,8 | 1,2 |
| C3 | 0,82 | 0,08 | 0,22 | 0,07 | 120 | 5,0 |
| C4 | 0,74 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 41,9 | 0,9 |

Tabela 7 - Teores de Fe, Al e Mn extraídos DCB (Fed, Ald e Mnd), oxalato ácido de amônio (Feo, Alo e Mno) e pelo ataque sulfúrico (Fet e Alt).

| Perfil P10 | Fet | Fed | Feo | Alt | Ald | Alo | Mnd | Mno |
|------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | % | | | | | | µg/g | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Hp | 3,22 | 3,01 | 1,70 | 8,62 | 1,11 | 0,83 | 0,10 | 0,46 |
| C1 | 1,82 | 1,58 | 0,53 | 12,64 | 2,18 | 0,61 | 0,06 | 0,16 |
| C2 | 2,17 | 1,05 | 0,70 | 13,65 | 1,12 | 0,48 | 0,28 | 0,74 |
| C3 | 1,61 | 1,08 | 0,81 | 11,69 | 1,21 | 0,67 | 0,24 | 0,64 |
| Cg1 | 2,10 | 0,88 | 0,76 | 16,56 | 0,84 | 0,42 | 0,16 | 0,54 |
| Cg2 | 1,61 | 0,45 | 0,28 | 13,97 | 0,80 | 0,28 | 0,14 | 0,22 |
| Cg3 | 1,96 | 0,45 | 0,23 | 13,01 | 0,80 | 0,23 | 0,14 | 0,22 |
| Perfil P11 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 1,61 | 0,71 | 0,53 | 9,22 | 0,91 | 0,44 | 0,08 | 0,16 |
| Cg1 | 1,89 | 0,50 | 0,40 | 10,26 | 0,30 | 0,26 | 0,04 | 0,08 |
| Cg2 | 1,68 | 0,41 | 0,23 | 10,10 | 0,91 | 0,24 | 0,04 | 0,08 |
| Cg3 | 1,33 | 0,60 | 0,18 | 7,84 | 0,38 | 0,45 | 0,02 | 0,06 |
| Perfil P12 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap1 | 1,75 | 1,65 | 0,20 | 5,29 | 0,27 | 0,20 | 0,08 | 0,46 |
| Ap2 | 1,40 | 1,32 | 0,16 | 5,34 | 0,27 | 0,19 | 0,08 | 0,44 |
| AB | 5,33 | 4,87 | 0,16 | 7,62 | 0,46 | 0,27 | 0,04 | 0,34 |
| BA | 3,22 | 3,20 | 0,28 | 9,15 | 0,65 | 0,30 | 0,04 | 0,34 |
| Bt1 | 2,78 | 2,50 | 0,16 | 10,79 | 0,48 | 0,27 | 0,02 | 0,36 |
| Bt2 | 3,85 | 3,69 | 0,22 | 11,06 | 0,65 | 0,34 | 0,02 | 0,36 |
| Bt3 | 3,29 | 3,19 | 0,15 | 11,00 | 0,61 | 0,27 | 0,02 | 0,36 |
| Bt4 | 3,92 | 3,80 | 0,13 | 11,64 | 0,61 | 0,36 | 0,02 | 0,30 |
| BC | 3,85 | 2,88 | 0,09 | 11,32 | 0,46 | 0,26 | 0,02 | 0,36 |
| C | 3,99 | 2,48 | 0,10 | 11,90 | 0,21 | 0,06 | 0,02 | 0,42 |

Tabela 8 - Relações Fed/Fet, Feo/Fed, Ald/Alt, Alo/Ald, Fed/Arg e Ald/Arg.

| Perfil P10 | Fet/Fed | Feo/Fed | Ald/Alt | Alo/Ald | Fed/Argx100 | Ald/Argx100 |
|------------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|
| Horizonte | | | | | | |
| Hp | 0,93 | 0,56 | 0,13 | 0,75 | 4,9 | 1,8 |
| C1 | 0,87 | 0,34 | 0,17 | 0,28 | 3,0 | 4,1 |
| C2 | 0,48 | 0,67 | 0,08 | 0,43 | 1,4 | 1,5 |
| C3 | 0,67 | 0,75 | 0,10 | 0,31 | 1,6 | 1,8 |
| Cg1 | 0,42 | 0,86 | 0,05 | 0,48 | 1,1 | 1,1 |
| Cg2 | 0,28 | 0,62 | 0,06 | 0,44 | 0,6 | 1,0 |
| Cg3 | 0,23 | 0,51 | 0,06 | 0,44 | 0,6 | 1,1 |
| | | | | | | |
| Perfil P11 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,44 | 0,75 | 0,10 | 0,33 | 1,1 | 1,4 |
| Cg1 | 0,26 | 0,80 | 0,03 | 0,23 | 0,7 | 0,4 |
| Cg2 | 0,24 | 0,56 | 0,09 | 0,08 | 0,6 | 1,3 |
| Cg3 | 0,45 | 0,30 | 0,05 | 0,39 | 1,2 | 0,8 |
| | | | | | | |
| Perfil P12 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap1 | 0,94 | 0,12 | 0,05 | 0,74 | 7,5 | 1,2 |
| Ap2 | 0,94 | 0,12 | 0,05 | 0,70 | 5,7 | 1,2 |
| AB | 0,91 | 0,03 | 0,06 | 0,59 | 14,8 | 1,4 |
| BA | 0,99 | 0,09 | 0,07 | 0,46 | 7,3 | 1,5 |
| Bt1 | 0,90 | 0,06 | 0,04 | 0,56 | 4,9 | 0,9 |
| Bt2 | 0,96 | 0,06 | 0,06 | 0,52 | 6,7 | 1,2 |
| Bt3 | 0,97 | 0,05 | 0,06 | 0,44 | 6,1 | 1,2 |
| Bt4 | 0,97 | 0,03 | 0,05 | 0,59 | 6,6 | 1,1 |
| BC | 0,75 | 0,03 | 0,04 | 0,57 | 6,0 | 1,0 |
| C | 0,62 | 0,04 | 0,02 | 0,29 | 8,9 | 0,8 |

Tabela 9 - Teores de Fe, Al e Mn extraídos DCB (Fed, Ald e Mnd), oxalato ácido de amônio (Feo, Alo e Mno) e pelo ataque sulfúrico (Fet e Alt).

| Perfil P13 | Fet | Fed | Feo | Alt | Ald | Alo | Mnd | Mno |
|------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | | % | | | | | µg/g |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 0,70 | 0,70 | 0,18 | 2,54 | 0,23 | 0,15 | 0,86 | 1,62 |
| AB | 1,33 | 1,08 | 0,14 | 2,91 | 0,15 | 0,06 | 0,54 | 1,08 |
| BA | 1,47 | 1,42 | 0,16 | 5,61 | 0,11 | 0,04 | 0,04 | 0,16 |
| Bt1 | 2,38 | 2,25 | 0,10 | 9,95 | 0,25 | 0,07 | 0,02 | 0,12 |
| Bt2 | 2,87 | 2,64 | 0,10 | 10,74 | 0,25 | 0,10 | 0,02 | 0,10 |
| 2Bt3 | 2,94 | 2,67 | 0,10 | 11,59 | 0,50 | 0,22 | 0,02 | 0,10 |
| 2BC | 2,80 | 2,61 | 0,10 | 11,16 | 0,44 | 0,22 | 0,02 | 0,08 |
| 2C | 2,52 | 2,45 | 0,10 | 10,31 | 0,40 | 0,27 | 0,02 | 0,08 |
| 2Cr | 3,99 | 3,28 | 0,13 | 9,84 | 0,44 | 0,27 | 0,02 | 0,08 |
| Perfil P14 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| Ap | 1,47 | 1,44 | 0,25 | 3,64 | 0,38 | 0,21 | 0,18 | 0,32 |
| A | 1,75 | 1,62 | 0,19 | 3,87 | 0,20 | 0,07 | 0,17 | 0,30 |
| AB | 1,75 | 1,74 | 0,13 | 4,41 | 0,57 | 0,13 | 0,11 | 0,18 |
| BA | 2,87 | 2,36 | 0,09 | 7,89 | 0,33 | 0,07 | 0,09 | 0,14 |
| Bt1 | 3,36 | 3,00 | 0,12 | 9,17 | 0,29 | 0,07 | 0,09 | 0,14 |
| Bt2 | 3,32 | 3,00 | 0,07 | 8,71 | 0,29 | 0,07 | 0,10 | 0,16 |
| BC | 3,36 | 2,80 | 0,08 | 9,11 | 0,32 | 0,15 | 0,11 | 0,18 |
| Perfil P15 | | | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | | | |
| A1 | 0,21 | 0,09 | 0,09 | 0,72 | 0,23 | 0,01 | 0,06 | 0,12 |
| A2 | 0,28 | 0,09 | 0,07 | 1,16 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| E | 0,49 | 0,17 | 0,06 | 1,62 | 0,19 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |
| Bt1x | 1,26 | 0,48 | 0,22 | 5,79 | 0,17 | 0,08 | 0,02 | 0,02 |
| Bt2 | 2,24 | 1,43 | 0,25 | 7,68 | 0,26 | 0,08 | 0,02 | 0,04 |
| Bt3 | 2,65 | 2,55 | 0,19 | 7,65 | 0,23 | 0,08 | 0,02 | 0,04 |

Tabela 10 - Relações Fed/Fet, Feo/Fed, Ald/Alt, Alo/Ald, Fed/Arg e Ald/Arg.

| Perfil P13 | Fet/Fed | Feo/Fed | Ald/Alt | Alo/Ald | Fed/Argx100 | Ald/Argx100 |
|------------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 1,00 | 0,26 | 0,09 | 0,65 | 4,4 | 1,4 |
| AB | 0,81 | 0,13 | 0,05 | 0,40 | 6,0 | 0,8 |
| BA | 0,97 | 0,11 | 0,02 | 0,36 | 4,7 | 0,4 |
| Bt1 | 0,95 | 0,04 | 0,03 | 0,28 | 4,4 | 0,5 |
| Bt2 | 0,92 | 0,04 | 0,02 | 0,40 | 4,6 | 0,4 |
| 2Bt3 | 0,91 | 0,04 | 0,04 | 0,44 | 4,5 | 0,8 |
| 2BC | 0,93 | 0,04 | 0,04 | 0,50 | 5,6 | 0,9 |
| 2C | 0,97 | 0,04 | 0,04 | 0,63 | 7,2 | 1,2 |
| 2Cr | 0,82 | 0,04 | 0,04 | 0,61 | 20,5 | 2,8 |
| | | | | | | |
| Perfil P14 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| Ap | 0,98 | 0,17 | 0,10 | 0,55 | 5,8 | 1,5 |
| A | 0,93 | 0,12 | 0,05 | 0,35 | 6,0 | 0,7 |
| AB | 0,99 | 0,07 | 0,13 | 0,23 | 5,4 | 1,8 |
| BA | 0,82 | 0,04 | 0,04 | 0,21 | 5,0 | 0,7 |
| Bt1 | 0,89 | 0,04 | 0,03 | 0,24 | 5,9 | 0,6 |
| Bt2 | 0,93 | 0,02 | 0,03 | 0,24 | 5,6 | 0,5 |
| BC | 0,83 | 0,03 | 0,04 | 0,47 | 5,5 | 0,6 |
| | | | | | | |
| Perfil P15 | | | | | | |
| Horizonte | | | | | | |
| A1 | 0,43 | 1,00 | 0,32 | 0,04 | 1,0 | 2,6 |
| A2 | 0,32 | 0,78 | 0,09 | 0,27 | 0,9 | 1,1 |
| E | 0,35 | 0,35 | 0,12 | 0,37 | 1,4 | 1,6 |
| Bt1x | 0,38 | 0,46 | 0,03 | 0,47 | 1,3 | 0,4 |
| Bt2 | 0,64 | 0,17 | 0,03 | 0,31 | 3,4 | 0,6 |
| Bt3 | 0,96 | 0,07 | 0,03 | 0,35 | 5,3 | 0,5 |